Aus der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie-Süd
(Leiter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Harndt)
der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

MESSUNGEN VON BOHRERSCHWINGUNGEN IN MODERNEN ANTRIEBSSYSTEMEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Hannes Priefer
aus Blankenberg/Neuruppin

1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549615_0038

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie-Süd
(Leiter: Professor Dr. med. Dr. med. dent. R. Harndt)
der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

MESSUNGEN VON BOHRERSCHWINGUNGEN IN MODERNEN ANTRIEBSSYSTEMEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Hannes Priefer
aus Blankenberg/Neuruppin

Referent: Professor Dr. med. Dr. med. dent. R. Harndt

Korreferent: Professor Dr. med. dent. G. Sauer

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 25. Juni 1985

Für Veronica

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	Einleitung	9
2.	Allgemeiner Teil	10
2.1.	Literaturübersicht	10
2.2.	Physikalische Grundlagen	13
2.3	Technische Grundlagen	15
2.4.	Auswirkungen von Bohrervibration auf Zahngewebe	17
2.4.1.	Vorbemerkung	17
2.4.2.	Schmerzsensation	18
2.4.3.	Oberflächenbeschaffenheit der Präparation	19
2.4.4.	Pulpaveränderungen	20
2.4.5.	Schädigung des Parodontiums	21
2.5.	Bisherige Verfahren zur Darstellung und Messung von Bohrervibration in Antriebssystemen und deren Ergebnisse	22
2.5.1.	Vorbemerkung	22
2.5.2.	Registrierung von Bohrervibration durch Induktionsänderung	23
2.5.3.	Darstellung von Bohrervibration durch Schattenbild	24
2.5.4.	Darstellung von Bohrervibration durch Film-Einzelbildauswertung aus Zeitdehnungsaufnahmen	25
2.5.5.	Kinematographische Untersuchungen	26

		Seite
3.	Spezieller Teil	27
3.1.	Eigene Untersuchungen	27
3.1.1.	Versuchsplanung	27
3.1.2.	Versuchsaufbau zur fotografischen Darstellung der Bohrerschwingungen	27
3.1.3.	Versuchsaufbau zur Messung der Bohrerauslenkung unter horizontaler Belastung	29
3.1.4.	Untersuchte Antriebssysteme und rotierende Instrumente	31
3.1.5.	Versuchsdurchführung	34
3.1.5.1.	Versuchsdurchführung zur fotografischen Darstellung der Bohrerschwingungen	34
3.1.5.2.	Versuchsdurchführung zur Messung der Bohrerauslenkung im statischen Zustand	35
3.1.6.	Ermittlung der Meßwerte	37
3.1.6.1.	Ermittlung der Meßwerte aus der fotografischen Darstellung der Bohrervibration	37
3.1.6.2.	Ermittlung der Meßwerte bei der Auslenkung des Bohrers unter horizontalem Vorschub	39
3.1.7.	Ergebnisse	40
4.	Diskussion	46
5.	Zusammenfassung	51
6.	Literaturverzeichnis	

7. Anhang

Versuchsprotokoll

Lebenslauf

1. EINLEITUNG

Beim Bearbeiten der Zahnhartsubstanzen mit rotierenden Instrumenten treten Vibrationsreize auf. Sie werden auf das Parodont übertragen und bis 1000 Hz als Schmerzen wahrgenommen. Sie beeinflussen die Oberflächenbeschaffenheit der Präparation negativ und können Pulpa und Parodont schädigen.

Bohrerschwingungen werden sich - selbst bei fabrikneuen zahnärztlichen Antriebssystemen - nie ganz vermeiden lassen.
Bohrerhalterungen und rotierende Instrumente erfordern Fertigungstoleranzen. Kugel- und Luftlager sowie Zahnradsysteme in abgewinkelten Antriebssystemen benötigen Spiel für reibungsarmen Lauf und Ölung.
Ziel sollte es dennoch sein, diese Toleranzen weitgehend gering zu halten.

In der vorliegenden Untersuchung werden Bohrerschwingungen bei verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Bohrerauslenkungen unter horizontalem Vorschub gemessen.
Untersuchungsziel ist es, herauszufinden, in welcher Größenordnung sich der Lagerverschleiß bemerkbar macht. Fabrikneue Instrumente werden mit solchen verglichen, die ein Jahr bzw. drei Jahre im Gebrauch waren.

2. ALLGEMEINER TEIL

2.1. Literaturübersicht

Beschreibungen von Schwingungen rotierender zahnärztlicher Antriebssysteme lassen sich im frühen Schrifttum nicht finden. Eine von EICHNER (10) zusammengestellte Übersicht über die Geschichte der zahnärztlichen Instrumente läßt aber sehr große Bohrervibrationen vermuten.

Seit den sechziger Jahren sind unter dem Einfluß der von BORDEN 1956 neuentwickelten vibrationsarmen Airotorbehandlung zahlreiche Arbeiten zum hoch- und höchsttourigen Bohren und Schleifen entstanden.

Der Vibrationsreiz wurde beim Präparieren weitgehend ausgeschaltet, wie die Untersuchungen von WALSER (39); EICHNER (12); VIOHL (38); WALSH und SYMMONS (40); ANDREAE, EICHNER, ROHRBACH (3) und PATZOLD, BEHNE, SEEGERS (32) zeigen.

Nach den Arbeiten von FUHR (17); POLMAN-MOOY (33); EICHNER (14,15); KLOS und ROTTKE (27) bleibt der Temperaturreiz die Hauptschmerzursache.

Weitere Aspekte von Untersuchungen sind die Wirkung der Vibration auf die Oberflächenbeschaffenheit der Prä-

paration.
KRÖNCKE und KIMMERLE (28); PANTKE (31); STÜBEN und HOPPE (36); BOHLMANN (4); ADOLPH (2); TARIGAN (37); EIFINGER (16) und STEIN (35) haben sich mit diesem Komplex befaßt.

Pulpaveränderungen durch Schwingungen im Ultraschallbereich werden von RATEITSCHAK (34); WEDER (41); FUHR (17) und HARNDT (20) vermutet.

Eine mögliche Schädigung der Parodonts durch Resonanzwirkung wird von ANDREAE, EICHNER, ROHRBACH (3) angenommen.

Viele Arbeiten finden sich im Schrifttum, die sich mit der Vibration der rotierenden Bohr- und Schleifinstrumente befassen.
Die Verbesserung dieser Instrumente und ihre Anpassung an die hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten sind ihr Hauptanliegen.
(ILG 23; BONSACK 5,6; GELLERT 18,19; KIMMEL 25; EICHNER 14,15).

Wenig Literatur findet sich über die Vibration, die durch das Antriebselement bedingt ist.

Als Teilaspekte sind zu nennen:

1. Art des Antriebssystems: GELLERT (19); HARDT (21); EICHNER (10)

2. Drehzahl: EICHNER (10,13); KELLER, KIERSE (24)

3. Spannvorrichtung des rotierenden Instrumentes: EICHNER (8); STÜBEN und HOPPE (36)

4. Lagerung des rotierenden Instrumentes: STÜBEN und HOPPE (36); BONSACK (5,6); EICHNER (10).

2.2. Physikalische Grundlagen

Vibrationen von rotierenden zahnärztlichen Instrumenten können physikalisch als Schwingungen, d.h. als zeitliche periodische Lageänderung aufgefaßt werden.
Die jeweilige Entfernung aus der Ruhelage nennt man Elongation, die größtmögliche Elongation Amplitude.

Die Zahl der Schwingungen pro Sekunde wird als Frequenz (Hz) bezeichnet. Sie ist von der jeweiligen Drehzahl abhängig.

Alle beim zahnärztlichen Bohren und Schleifen entstehenden Vibrationen setzen sich aus einer Grundfrequenz und Oberschwingungen zusammen. Sie führen zur Erschütterung des Zahnes.

Umdrehungsgeschwindigkeiten ab ca. 100.000 pro Minute lassen Ultraschallschwingungen von mehr als 20 KHz entstehen.

Beim Bearbeiten der Zahnhartsubstanzen mit rotierenden nicht zentrisch laufenden Instrumenten wird dem im Parodont elastisch gelagerten Zahn eine Schwingung aufgezwungen. Wie in jedem anderen gekoppelten schwingenden System kann Erreger und Resonator in Phase, Resonanz oder Gegenphase schwingen. Resonanz kann eintre-

ten, wenn der Erreger die Eigenfrequenz des Resonators erreicht.

Bei der Anwendung der rotierenden Instrumente treten hauptsächlich Beanspruchungen durch Biegung und Torsionen auf. Diese Kräfte können Vibrationen verstärken.

Die Belastung durch Biegung beruht auf dem Arbeitsdruck auf das sich drehende Instrument. Damit wird der Schaft kontinuierlich in eine andere Richtung gebogen.
Die größte Beanspruchung tritt an der Stelle des maximalen Biegemomentes (Übergang Ausspannlänge/Spannzange) auf.
Exzentrischer Lauf des Instrumentes sowie schlechte Lagerung können das maximale Biegemoment negativ beeinflussen.

2.3. Technische Grundlagen

Die Rundlaufgenauigkeit eines rotierenden Instrumentes wird entscheidend beeinflußt durch die Bohrerlagerung im Antriebssystem sowie durch seine Spannvorrichtung.

Hand- und Winkelstücke sind kugelgelagert, Turbinen kugel- oder luftgelagert. Für Rotation und Ölung wird ein radiales Spiel von etwa 10 µm benötigt.

Im Hand- und Winkelstück wird das rotierende Instrument durch eine Arretiervorrichtung (Nut und Planfläche) gehalten, im Schnellaufwinkelstück und in der Turbine durch Reibungshalt (FG = friction grip). FG-Halterungen sind in die Achse des Rotors eingebaut. Sie bestanden früher aus Kunststoff, der bei Abnutzung zu Vibrationen führte. Heute werden FG-Halterungen aus Federstahl gefertigt.
Schaftdurchmesser und Halterung sind durch ISO NORM 1797 aufeinander abgestimmt.
Schaftdurchmesser der Standard-FG Instrumente:

1,6 mm + 0,000 mm - 0,01 mm

Schaftdurchmesser für Hand- und Winkelstücke:

2,35 mm + 0,000 mm - 0,016 mm

Aufgrund der Fertigungstoleranzen der Bohrerlagerung und Halterung kann ein exakter Rundlauf des rotierenden Instrumentes von vornherein nicht erwartet werden.

Technische Auswirkungen der Bohrervibration sind die Abbremsung von der Tourenzahl EICHNER (11), das frühere Erreichen der biegekritischen Drehzahl EICHNER (8) sowie das Warmlaufen des Lagers und damit sein früherer Verschleiß.

2.4. Auswirkungen von Bohrervibration auf Zahngewebe

2.4.1. Vorbemerkung

Der rotierende Schleifkörper läuft aufgrund seiner Spannvorrichtung und des radialen Kugellagerspiels im Antriebssystem immer exzentrisch.

Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten beschäftigen sich mit den Folgen der Vibration beim Beschleifen der Zahnhartgewebe mit rotierenden Instrumenten. Schmerzsensationen, Gefügeauflockerung der Zahnhartsubstanz sowie Pulpaschäden wurden nachgewiesen, Schädigung des Parodonts vermutet.

2.4.2. Schmerzsensation

Der Angriff rotierender Instrumente am lebenden Zahn verursacht Schmerzen durch die Komponenten Druck, Temperatur und Vibration (EICHNER 15). Vibrationen werden in etwa gleicher Größenordnung auf die Mechanorezeptoren des Parodonts übertragen und als Schmerzen wahrgenommen. Der Zahn reagiert, verglichen mit anderen Reizorten, gegenüber Vibrationen genauso empfindlich wie die Fingerkuppe (VIOHL 38).

Das Rattern und Schlagen des Arbeitskopfes gegen den Zahn stimuliert zusätzlich die Angst des Patienten. Sie führt über das reflektorisch beeinflußbare vegetative Nervensystem zu einer Störung der labilen Zellmembranfunktion. Die Schmerzschwelle wird erniedrigt (ADOLPH 1).
Arbeitet das rotierende Instrument mit seiner Drehrichtung gegen den Zahn, wird der Vibrationsreiz verstärkt (ONTRUP 30).

Mit steigender Drehzahl nimmt die Zahl der Impulse pro Sekunde (Hz) zu.
Im hohen und höchsten Drehzahlbereich werden Vibrationen nicht mehr als Schmerzen wahrgenommen, weil die Fähigkeit der subjektiven Wahrnehmung der pro Sekunde aufgetretenen Impulse sinkt
(WALSH, SYMMONS 40; WALSER 39; ANDREAE, EICHNER, ROHRBACH 3; VIOHL 38; PÄTZOLD, BEHNE, SEEGERS 32).

2.4.3. Oberflächenbeschaffenheit der Präparation

Die Oberflächenbeschaffenheit der Präparation, der Härteabfall von Schmelz und Dentin, sowie das Spanverhalten rotierender nicht zentrisch laufender Instrumente wurden untersucht.

Der stark vibrierende Bohrer zerspant die Zahnhartsubstanz grob, der weitgehend zentrisch laufende Bohrer erzeugt sehr feinen Bohrstaub (STÜBEN und HOPPE 36; BOHLMANN 4). Rauhigkeit der Präparation ist die Folge (PANTKE 31).

Beim höchsttourig drehenden vibrierenden Instrument kommt es zu "Mikroerschütterungen" von Schmelz und Dentin. Das kristalline Gefüge der Zahnhartsubstanzen lokkert sich. Es kommt im Schmelz zu Aussprengungen und Trümmerzonen (ADOLPH 2; TARIGAN 37). EIFINGER (16) stellte Gefügeauflockerungen bis zu einer Ausdehnung von 50 µm fest. KRÖNCKE und KIMMERLE (28) weisen Härtedifferenzen zwischen Kavitätenrand und gesundem Schmelz bis zu 500 Newton/mm^2 und einer Tiefe von 500 µm nach.
Der Härteabfall nach Turbinenpräparation ist ca. viermal so groß und das Gefüge der kavitätennahen Schmelzbezirke fast doppelt so tief aufgelockert wie nach Präparation mit 6.000, 20.000, 40.000 und 80.000 Z/min. STEIN (35) bestätigt diese Ergebnisse. Im Gegensatz

zu KRÖNCKE und KIMMERLE (28) konnte er eine Schädigung des Dentins durch Mikroerschütterungen nicht feststellen, weil das Dentin durch seine organischen Bestandteile zu "auffangfreundlich" gelagert sei.

2.4.4. Pulpaveränderungen

Pulpaveränderungen durch den traumatischen Effekt auf die Zahnhartsubstanzen während der Präparation wurden von LANGELAND (29); WEDER (41) sowie STÜBEN und HOPPE (36) untersucht.
Ursache hierfür sind unter anderem exzentrisch laufende Instrumente EICHNER (9).
Beim höchsttourigen Bohren und Schleifen wurden Schwingungen im Ultraschallbereich (20.000 Hz ≙ 100.000 U/min) nachgewiesen, die biologisch wirksam sind (R. HARNDT 20; EICHNER und LENK 10).
Pulpaschäden werden als Folge dieser Schwingungen von RATEITSCHAK (34); WEDER (41); FUHR (17) und R. HARNDT (20) vermutet.
HUNKIRCHEN (22) konnte für die Theorie der Ultraschalleinwirkung der sich hochfrequent drehenden Bohrer keine Anhaltspunkte finden.

2.4.5. Schädigung des Parodontiums

Schädigung des Parodontiums durch vibrierende Instrumente werden von ANDREAE, EICHNER und ROHRBACH (3) angenommen.

Der Zahn schwingt unter dem Einfluß einer sich periodisch ändernden Kraft mit. Die Größe seiner Auslenkung ist abhängig von der Größe der einwirkenden Kraft, ihrer Frequenz, von der Eigenschwingung des Zahnes sowie dem Grad der Dämpfung.

Erreicht die einwirkende Frequenz die Eigenfrequenz des Zahnes, kann Schwingungsresonanz auftreten. Bei kleiner Dämpfung kann die Amplitude Größen erreichen, bei denen Parodontalfasern zerrissen werden.

2.5. Bisherige Verfahren zur Darstellung und Messung von Bohrervibrationen in Antriebssystemen und deren Ergebnisse

2.5.1. Vorbemerkung

Vibrationen rotierender Instrumente wurden in verschiedenen Antriebssystemen untersucht. Diese Untersuchungen gaben jedoch in erster Linie Aufschlüsse über die optimale Beschaffenheit des sich drehenden Instrumentes, nicht jedoch über die Lagerbeschaffenheit im Antriebssystem selbst.

2.5.2. Registrierung von Bohrervibration durch Induktionsänderung

KELLER und KIERSE (24)

Die Schwingung der Handstücklagerung wurde durch ein Schwingungs- und Dehnungsmeßgerät der Firma K. HOTTINGER, Vogtareuth/Obb. aufgezeichnet.

Zwischen zwei Spulen kann ein als Anker fungierender Bohrerschaft während seiner Drehbewegung frei vibrieren.
Die durch die Bewegung des Ankers im Spulenfeld erzeugten Stromschwankungen wurden verstärkt und mit einem Schleifenoszillographen aufgezeichnet.
Unrund laufen des Instrumentenschaftes und Ungenauigkeiten in der Lagerung des Handstückes wurden registriert. Schwingwege sind nicht angegeben.
Größere Diamanten im schlecht gelagerten Handstück zeigen im Leerlauf bei 800-2.000 U/min erhebliche Kurvenausschläge. Die Unwucht des Steines, die ungenaue Zentrierung sowie die schlechte Lagerung des Schleifkörpers kommen voll zur Geltung.
Bei 3.500 U/min wird die Masse des Schleifers in das Zentrum gerissen, bevor das Instrument das Maximum der ihm durch ungenaue Lagerung gestatteten Exzentrität erreicht.

2.5.3. Darstellung von Bohrervibration durch Schattenbild

STÜBEN und HOPPE (36)

Der mit einem Schleifkörper bestückte Turbinenkopf wird in das Linsensystem eines Projektors eingeschaltet.
Das Schattenbild des Bohrers erscheint auf der Leinwand. Der stehende Bohrer wird durch ein scharf begrenztes Schattenbild wiedergegeben.
Die Konturen des hochtourig laufenden Bohrers sind immer unscharf. Sie setzen sich aus einem Kern- und einem Halbschatten zusammen.
Je größer der Halbschatten ist, umso exzentrischer läuft der Bohrer.
Untersucht wurde die Sirona Turbine sowie der Airotor.
Das Metallspannfutter der Sirona Turbine führt den Bohrer weitgehend zentrisch.
Bei einem neuen Plastikspannfutter weicht die Achse des höchsttourig laufenden Bohrers um 0,07 mm von der Rotorachse ab. Ein fünf Tage benutztes Plastikspannfutter zeigt bereits eine Auslenkung von 0,10 mm.

2.5.4. Darstellung von Bohrervibration durch Film-Einzelbildauswertung aus Zeitdehnungsaufnahmen EICHNER (7,10,11)

Die Zeitdehnungsaufnahmen wurden mit einer 16 mm FASTAX-kamera mit synchronisierter Belichtungseinrichtung (Strobokin-Blitzgerät n. Dr. FRÜNGEL, Belichtungszeit 1/500.000 Sekunde) aufgenommen. Die Aufnahmefrequenz betrug bis zu 7.000 Bilder in der Sekunde.
Die Einzelbildauswertung ist möglich, weil durch das synchronisierte Blitzgerät in gleichen Zeitabständen scharfe Bilder dargestellt werden.
Für Hartmetallbohrer wurden 35 bis 38 Filmbilder, für walzenförmige Diamanten 12 bis 17 Einzelbilder übereinandergezeichnet und so die Taumelbewegung der Bohrer und Schleifer graphisch dargestellt und vermessen.

Verschiedene Antriebssysteme wurden untersucht. Der Radialschlag von Bohrern und Schleifern bestimmt weitgehend die Abbremsung von der Nenndrehzahl.

Es wurde geklärt, daß die Metallspannzange größeren Rundlauf der Instrumente ermöglicht als die Halterung im Plastikspannfutter.

2.5.5. Kinematographische Untersuchungen

HARNDT (21)

Wie bei EICHNER (7,10,11) wurden die Resultate durch Einzelbildauswertung eines Filmes gewonnen.

Der mit einem Stroboskop beleuchtete Bohrer wurde gefilmt. Die Blitzfolge betrug maximal 20.000. Der Bohrantrieb war auf einem Objekttisch eines Mikroskops mit einer vierfachen Objektvergrößerung ohne Okular montiert.

Der stehende sowie der rotierende Bohrer wurden gefilmt. Die Aufnahmen wurden projiziert, nachgezeichnet und die Achsenabweichungen vermessen.

Es wurden fabrikneue Instrumente untersucht.

Die Auslenkung der Bohrer beträgt beim Siemens Sirona Motor S bzw. Siemens Sirona System 4000 30 µm.

Die Siemens Sirona Turbine zeigt mit 15 µm Auslenkung eine wesentlich größere Laufruhe.

3. S P E Z I E L L E R T E I L

3.1. Eigene Untersuchungen

3.1.1. Versuchsplanung

Zur Darstellung und Messung von Bohrerschwingungen sind unterschiedliche Methoden bekannt.
Ausgehend von der Idee der Einzelbildauswertung nach EICHNER (7,10,11) und R. HARNDT (21) und der Darstellung der Vibration rotierender Instrumente von STÜBEN und HOPPE (36) sollen die Bohrerschwingungen fotografisch dargestellt, vergrößert projiziert und vermessen werden.
Im sich anschließenden statischen Versuch soll die Bohrerspitze durch eine definierte horizontal angreifende Kraft ausgelenkt und die Größe der Auslenkung registriert werden.
Beide Versuchsanordnungen sind einfach, genügen aber den Anforderungen.

3.1.2. Versuchsaufbau zur fotografischen Darstellung der Bohrerschwingungen (Abb. 1)

Der Bohrantrieb ist auf einem Objekttisch eines Mikroskops (LEITZ WETZLAR ORTHPLAN) mit integrierter Kamera montiert. Die Vergrößerung beträgt 1:10. Die Montage des Bohrantriebs erfolgt in definiertem Abstand vom

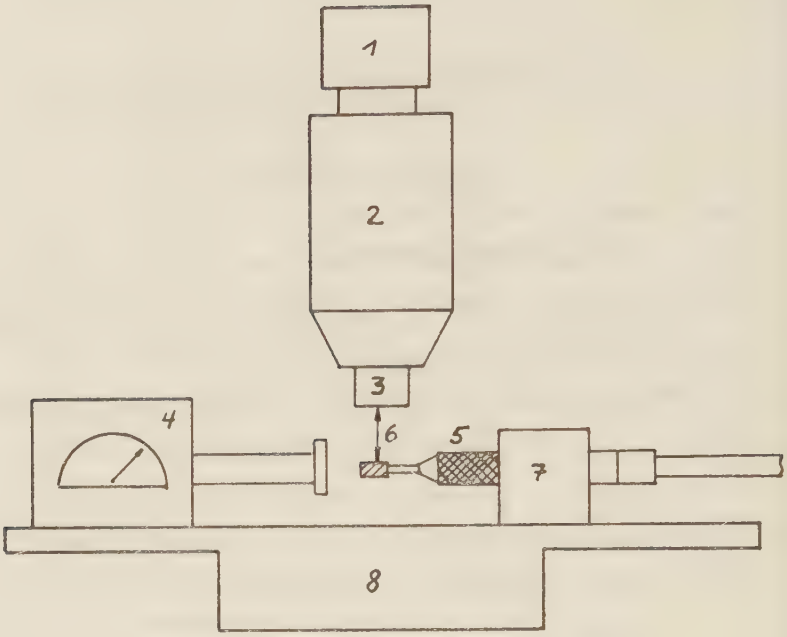

Abb. 1: Schemazeichnung des Versuchsaufbaus zur fotografischen Darstellung der Bohrerschwingungen

1 = Kamera

2 = Mikroskop

3 = Objektiv

4 = Drehzahlinstrument

5 = Antriebssystem (stehend oder rotierend)

6 = definierter Abstand Objektiv-Instrument

7 = Fixiervorrichtung für Antriebssystem

8 = Objekttisch

Objektiv, um einen späteren Vergleich der Größenverhältnisse zu ermöglichen.
Fotografiert wird mit einem AGFAPAN 25 PROFESSIONAL-FILM 15 DIN 25 ASA 24 x 36 mm.

Da die Größe der Vibration abhängig von der Drehzahl ist, muß diese während des Versuchs registriert werden. Hierzu dient ein Induktionsdrehzahlinstrument der Firma Siemens. Das rotierende Instrument wird mageneti-siert, so daß auf einer Meßskala die jeweilige Drehzahl des Instrumentes direkt abzulesen ist.

3.1.3. Versuchsaufbau zur Messung der Bohrerauslenkung unter horizontaler Belastung (Abb. 2)

Um die Ergebnisse der Messungen aus der Bildauswertung zu verifizieren ist es nötig, in einer zweiten Versuchsanordnung die Bohrerauslenkung unter horizontaler Belastung zu überprüfen.
Das Antriebssystem ist in einer Spannvorrichtung fixiert. Zur Auslenkung der Bohrerspitze dient ein Kraftgeber.[1)]
Die Bohrerauslenkung wird mittels Meßuhr registriert. Diese ist mit einem Stativ ebenfalls fixiert. Der Meßstift der Meßuhr liegt der Bohrerspitze drucklos an.

---

1) Da der Kraftgeber nicht in Newton, der heute üblichen Einheit für Kraft, geeicht ist, werden die Anpreßkräfte in Pond angegeben.
(1 Kp = 9,80665 Kgm/s^2 = 9,81 N)

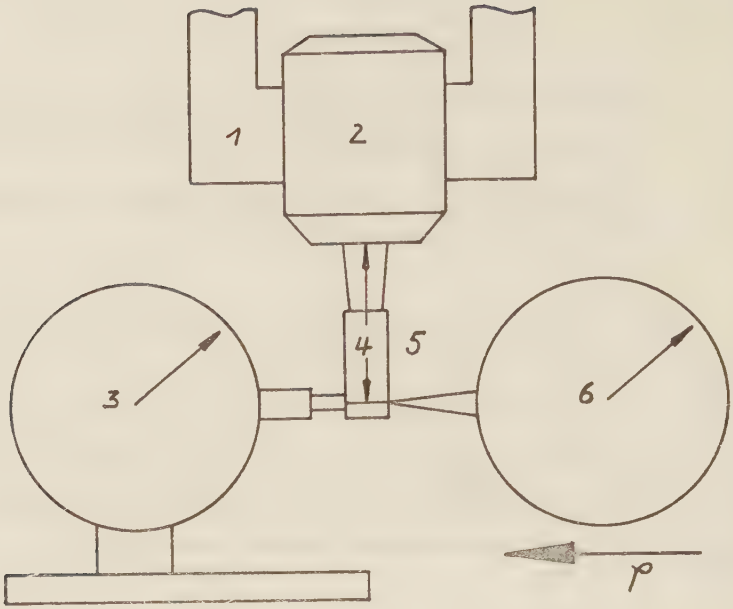

Abb. 2: Schemazeichnung des Versuchsaufbaus zur Messung der Bohrerauslenkung unter horizontaler Belastung

1 = Fixiervorrichtung

2 = Kopf des Antriebssystems

3 = Meßuhr

4 = definierter Abstand Meßpunkt-Antriebskopf

5 = stehendes Instrument

6 = Kraftgeber

3.1.4. Untersuchte Antriebssysteme und rotierende Instrumente

Antriebssysteme

Tabelle 1 zeigt die untersuchten Antriebssysteme und deren Anzahl.

Es werden untersucht:

1. Fabrikneue Instrumente
2. Jahr alte Instrumente aus dem Praxisbetrieb
3. Drei Jahre alte Instrumente aus dem studentischen Betrieb.

Bei den Turbinen können nur die fabrineue kugelgelagerte Siemens SIRONA 4000 S mit Schraubspannzange sowie drei Jahre alte luftgelagerte KaVO All-air Turbinen mit Federspannzange untersucht werden.

Die Auswahl der Antriebssysteme erfolgt willkürlich. Reibegeräusche im Lager sind kein Grund zum Ausschluß.

Rotierende Instrumente

Rotierende Instrumente sind serienmäßig hergestellte Werkzeuge der Firma BRASSELER KOMET.
Beide Instrumente (Stahlfinierer 018, Hartmetallbohrer 018) wurden auf einer Präzisionsdrehbank mit Hilfe eines eingespannten Drehstahls auf Rundlauf überprüft und

auf Einhaltung ihrer Fertigungstoleranzen vermessen.

Fertigungstoleranzen für rotierende Instrumente

Stahlfinierer 018

Fertigungsnorm	:	DIN 13 950 (Vornorm) ISO R 1797
Standardlänge	:	22 mm $\pm$ 0,25
Schaftdurchmesser	:	2,35 mm $^{+\ 0}_{-\ 0,016}$
Durchmesser des Arbeitskopfes	:	1,8 mm $\pm$ 0,07

Hartmetallbohrer 018

Fertigungsnorm	:	DIN 13 950 (Vornorm) ISO R 1797
Standardlänge	:	19 mm $\pm$ 0,25
Schaftdurchmesser	:	1,6 mm $^{+\ 0}_{-\ 0,01}$
Durchmesser des Arbeitskopfes	:	1,8 mm $\pm$ 0,05

Tabelle 1

Untersuchte Antriebssysteme

Antriebssystem	Bezeichnung	Lager	Spannvorrichtung	Alter	Anzahl
KaVO INTRA System					
Schnellaufwinkelstück	23 A	Kugellager	FG	fabrikneu 1 Jahr 3 Jahre	5 5 10
Schnellaufwinkelstück	24 B	Kugellager	FG	fabrikneu 1 Jahr	1 1
Winkelstück	Unterteil 20 B Kopfteil 68 F	Kugellager	Arretierung	fabrikneu 1 Jahr 3 Jahre	5 10 10
Reduzierwinkelstück	Unterteil 29 B Kopfteil 67 F	Kugellager	Arretierung	fabrikneu 1 Jahr 3 Jahre	5 5 10
Klinikhandstück	10 B	Kugellager	Arretierung	fabrikneu 1 Jahr 3 Jahre	5 5 10
Turbinen					
Siemens	SIRONA 4000 S	Kugellager	Schraubspannzange	fabrikneu	1
KaVO	All-air	Luftlager	FG	3 Jahre	10

3.1.5. Versuchsdurchführung

3.1.5.1. Versuchsdurchführung zur fotografischen Darstellung der Bohrerschwingungen

Aufnahmen der stehenden Bohrer werden durchgeführt. Rotierende Bohrer werden im Leerlauf nach ca. 5 Sekunden Einlaufzeit fotografiert. Der Abstand der stehenden sowie des rotierenden Instrumentes zum Objektiv muß bei allen Aufnahmen gleich sein, um einen späteren Vergleich der Größenverhältnisse bei der Filmauswertung zu ermöglichen. Er beträgt 38 mm.
Dem korrekt tiefen Sitz des Bohrers im FG-Spannfutter muß ebenfalls Aufmerksamkeit zukommen, um zu vermeiden, daß Bohrervibrationen aufgrund der schlecht durchgeführten Einspannung vorgetäuscht werden.
Beim Winkelstück ist die Einspannlänge sowie der korrekt tiefe Sitz des rotierenden Instrumentes durch die Arretiervorrichtung im Winkelkopf sowie durch die Schaftkonstruktion (Planfläche mit Nut) vorgegeben.

Die Einspannlänge im Klinikhandstück wird auf 12 mm festgelegt und mit der Schiebelehre überprüft. Dieser Wert entspricht der Einspannlänge im Winkelstück und bei den FG-Instrumenten.
Die Belichtungszeit wird durch eine Vorversuchsreihe so gewählt, daß während einer Aufnahme mehrere Bohrerrotationen möglich sind.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit wird bei jeder Aufnahme variiert und mit einem Induktions-Drehzahlinstrument gemessen.

3.1.5.2. Versuchsdurchführung zur Messung der Bohrerauslenkung im statischen Zustand

Durch die im Punkt 3.1.3. beschriebene Versuchsanordnung ist es möglich, die Bohrerauslenkung aus der Zentralachse zu vermessen.
Der Meßstift der Meßuhr liegt in Meßpunkthöhe dem Instrument drucklos an.
Durch eine in Meßhöhe angreifende Kraft wird der Bohrer aus seiner Zentralachse gedrückt. Die Vorschubkraft wird variiert. Sie beträgt 50 p, 100 p und 150 p beim Schnellaufwinkelstück 23 A und 24 B, Winkelstück, Reduzierwinkelstück und Klinikhandstück. Das Turbineninstrument wird mit 50 p ausgelenkt. Die Größe der Auslenkung kann direkt auf der Meßuhr abgelesen werden.

Meßstift, Meßpunkthöhe und auslenkende Kraft müssen in einer Achse liegen, die im rechten Winkel zur Instrumentenachse verläuft.
Die Länge des freien Arbeitsteiles ist bei FG-Instrumenten und bei Instrumenten für Hand- und Winkelstück unterschiedlich (Abb. 3). Um vergleichbare Werte für die Lagerbeschaffenheit zu erhalten, muß die Meßhöhe bei beiden Instrumenten gleich gewählt werden. Bei FG-

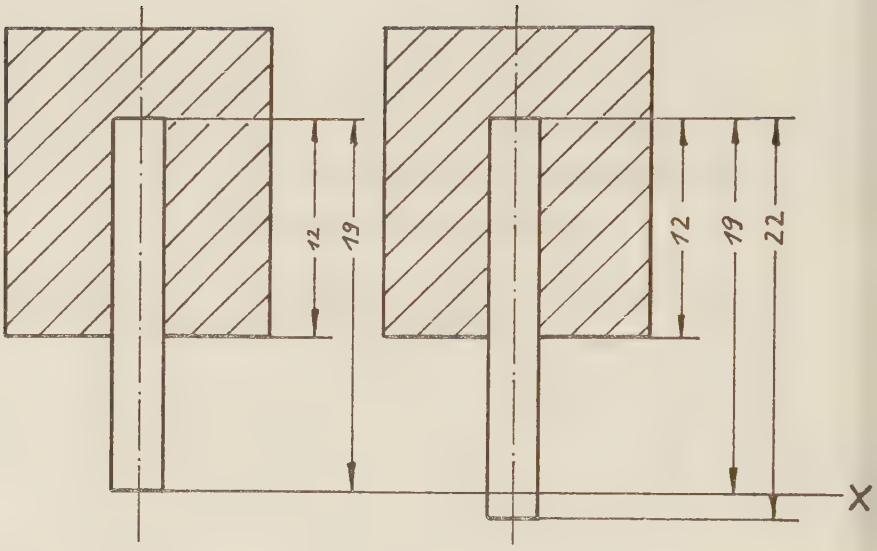

Abb. 3: Gesamtlänge, Einspannlänge und Meßpunkthöhe x der rotierenden Instrumente

A = FG-Instrument

B = Winkelstück

Instrumenten liegt sie an der Spitze des freien Arbeitsteils, bei dem Winkelstück bzw. Klinikhandstück 3 mm oberhalb der Spitze des freien Arbeitsteiles.

3.1.6. Ermittlung der Meßwerte

3.1.6.1. Ermittlung der Meßwerte aus der fotografischen Darstellung der Bohrervibration

Die Filmnegative werden auf einen Bildschirm mit Millimetereinteilung so projiziert, daß die Länge der Meßstrecke des stehenden Bohrers 360 mm beträgt. Somit ergibt sich eine 200fache Vergrößerung des Bohrers. Diese Vergrößerung gewährt eine gute Randschärfe.
Da die Aufnahmen der stehenden sowie der rotierenden Instrumente in immer gleichem Abstand vom Objektiv des Mikroskops durchgeführt wurden, sind bei dieser Projektionseinstellung auch die Aufnahmen der rotierenden Instrumente 200fach vergrößert.
Die Meßstrecke des stehenden Bohrers wird durch ein scharf begrenztes Bild wiedergegeben, die Meßstrecke des rotierenden Instrumentes durch ein unscharfes größeres Konturenbild. Es setzt sich aus einem Kern- und einem Halbschatten zusammen (Abb. 4).
Je exzentrischer der Bohrer rotiert, umso größer erscheint der Halbschatten.

Die Projektion der Meßstreckenkonturen des stehenden, sowie des rotierenden Instrumentes werden auf dem Millimeterpapier nachgezeichnet und vermessen (Abb. 5).

Zur Auswertung kommen 370 Filmnegative.

A B

Abb. 4: Das Bild des zentrisch laufenden Instrumentes wird durch ein scharf begrenztes Konturenbild wiedergegeben A
Das exzentrisch rotierende Instrument zeigt unscharfe Konturen B (Winkelstück Nr. 7, 35 000 U/min)

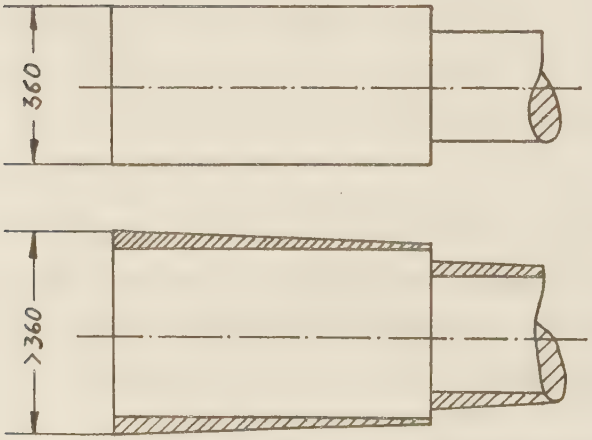

Abb. 5: Schema der fotografischen Auswertung der Bohrervibration

A = stehendes Instrument Meßstrecke 360 mm
B = exzentrisch laufendes Instrument Meßstrecke 360 mm

Um den Meßfehler möglichst klein zu halten, werden die Messungen für jedes Instrument zehnmal durchgeführt und hieraus der Mittelwert errechnet.

3.1.6.2. Ermittlung der Meßwerte bei der Auslenkung des Bohrers unter horizontalem Vorschub

Die Auslenkung des Bohrers unter horizontalem Vorschub kann auf der Meßuhr direkt abgelesen werden. Da dies nur die Auslenkung aus der Zentralachse ist, muß dieser Wert verdoppelt werden, um den gesamten Schwingweg zu ermitteln.
Die Messung wird für jedes Antriebssystem zehnmal durchgeführt und hieraus der Mittelwert errechnet.

3.1.7. Ergebnisse

Aus den nachfolgenden Tabellen (Tab. 2-14) lassen sich die Schwingwege für rotierende Instrumente bei unterschiedlicher Umdrehungsgeschwindigkeit sowie der Gesamtschwingweg der stehenden Instrumente bei unterschiedlich großer Vorschubkraft ersehen.

Aufgrund der Versuchsanordnung beinhalten die Meßwerte einen Fehler von $\pm$ 5 µm.
Die errechneten Mittelwerte werden deshalb auf ganze µm auf- bzw. abgerundet.

Abkürzungen:

S	=	Schwingweg
S_{MAX}	=	maximaler Schwingweg
S_{MIN}	=	minimaler Schwingweg
S_{MW}	=	Schwingweg Mittelwert
p	=	Pond
U/min	=	Umdrehungen pro Minute
µm	=	10^{-6} m
Mstr.	=	Meßstrecke
lfd. Nr.	=	laufende Nummer des Instrumentes

	10.000 U/min			60.000 U/min			110.000 U/min		
	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}
fabrikneu	26	25	24	26	26	25	27	26	26
1 Jahr	40	36	32	54	49	45	54	53	51
3 Jahre	52	44	32	54	49	45	57	51	44

Tab. 2: Schnellaufwinkelstück 23 A
Schwingweg (µm) im Leerlauf

	50 p			100 p			150 p		
	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}
fabrikneu	30	29	27	37	35	33	43	40	38
1 Jahr	46	43	41	58	54	51	64	61	58
3 Jahre	62	56	51	66	61	57	74	67	59

Tab. 3: Schnellaufwinkelstück 23 A
Schwingweg (µm) bei horizontalem Vorschub

	15.000 U/min	90.000 U/min	145.000 U/min
	S	S	S
fabrikneu	16	16	15
1 Jahr	25	50	60

Tab. 4: Schnellaufwinkelstück 24 B
Schwingweg (µm) im Leerlauf

	50 p	100 p	150 p
	S	S	S
fabrikneu	21	24	25
1 Jahr	28	56	63

Tab. 5: Schnellaufwinkelstück 24 B
Schwingweg (µm) bei horizontalem Vorschub

	50 p			100 p			150 p		
	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}
fabrikneu	87	79	76	103	95	88	120	110	103
1 Jahr	102	92	73	118	107	83	138	129	118
3 Jahre	191	165	114	251	216	172	273	255	229

Tab. 6: Reduzierwinkelstück Unterteil 29 B Kopfteil 67 F
Schwingweg (µm) bei horizontalem Vorschub

	4.000 U/min			20.000 U/min			35.000 U/min		
	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}
fabrikneu	28	25	22	33	28	24	56	52	49
1 Jahr	38	31	26	56	48	41	63	57	55
3 Jahre	109	90	61	137	105	72	160	126	85

Tab. 7: Winkelstück Unterteil 20 B Kopfteil 68 F
Schwingweg (µm) im Leerlauf

	50 p			100 p			150 p		
	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}	S_{MAX}	S_{MW}	S_{MIN}
fabrikneu	80	78	77	103	98	94	117	112	103
1 Jahr	99	93	87	118	108	97	139	127	117
3 Jahre	218	164	152	278	214	190	302	239	213

Tab. 8: Winkelstück Unterteil 20 B Kopfteil 68 F
Schwingweg (µm) bei horizontalem Vorschub

	4.000 U/min			20.000 U/min			35.000 U/min		
	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}
fabrikneu	19	16	13	25	22	17	25	24	22
1 Jahr	27	24	21	28	25	22	30	26	23
3 Jahre	38	31	26	39	31	27	40	32	28

Tab. 9: Klinikhandstück 10 B
Schwingweg (µm) im Leerlauf

	50 p			100 p			150 p		
	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}	s_{MAX}	s_{MW}	s_{MIN}
fabrikneu	32	29	27	37	34	33	49	45	42
1 Jahr	34	30	28	46	41	36	59	51	44
3 Jahre	38	31	27	52	42	33	63	54	45

Tab. 10: Klinikhandstück 10 B
Schwingweg (µm) bei horizontalem Vorschub

	360.000 U/min
	S
fabrikneu	20

Tab. 11: SIRONA Turbine 4000 S
Schwingweg (µm) im
Leerlauf

	380.000-390.000 U/min
	S
3 Jahre	26

Tab. 12: All-air Turbine
Schwingweg (µm) im
Leerlauf

	50 p
	S_{MW}
fabrikneu	25

Tab. 13: SIRONA Turbine 4000 S
Schwingweg (µm) bei
horizontalem Vorschub

	50 p
	S_{MW}
3 Jahre	31

Tab. 14: All-air Turbine
Schwingweg (µm) bei
horizontalem Vorschub

4. DISKUSSION

Die in der Literatur aufgeführten Ergebnisse von Schwingweguntersuchungen rotierender Instrumente (KELLER, KIERSE 24; EICHNER 7,10,11; R. HARNDT 21) lassen sich zumeist in nur begrenztem Maß auf die vorliegenden Ergebnisse übertragen. Sie sind auch sehr schwer miteinander zu vergleichen, da unterschiedliche Versuchsbedingungen bestanden, meist unterschiedliche Antriebssysteme untersucht wurden und das Alter der Instrumente oft nicht genannt wurde. Hauptbetrachtungspunkt dieser Arbeiten war die optimale Art, Form und Beschaffenheit des rotierenden Instrumentes. Daß einwandfreie Lagerung des rotierenden Instrumentes im Antriebssystem Grundvoraussetzung für zentrischen Lauf ist, wurde von allen Autoren erwähnt, aber nur in Einzelfällen untersucht.

In der nachfolgenden Interpretation der Ergebnisse werden die Erkenntnisse anderer Untersucher berücksichtigt.

Bohrerschwingungen

KaVO INRA Schnellaufwinkelstück 23 A

Das fabrikneue KaVO Schnellaufwinkelstück 23 A (Tab. 2) zeigt in den drei gewählten Drehzahlbereichen nahezu gleich große Bohrerschwingungen.

Der im Drehzahlbereich 110.000 U/min ermittelte Wert entspricht dem von HARNDT (21) gefundenen. Ein Jahr bzw. drei Jahre alte Instrumente zeigen im Drehzahlbereich 10.000 bis 60.000 U/min einen rund dreimal größeren Anstieg des Schwingweges als im Drehzahlbereich 60.000 bis 110.000 U/min.

KaVO INTRA Schnellaufwinkelstück 24 B

Das fabrikneue Schnellaufwinkelstück 24 B (Tab. 4) zeigt in den drei Drehzahlbereichen ebenfalls gleich große Bohrerschwingungen. Beim ein Jahr alten Instrument ist der Anstieg der Schwingung im Drehzahlbereich 15.000 bis 90.000 U/min zweieinhalbmal größer als im Drehzahlbereich 90.000 bis 145.000 U/min. Bei hoher Geschwindigkeit scheint sich das rotierende Instrument, genau wie beim älteren Schnellaufwinkelstück 23 A, zu zentrieren.
KELLER und KIERSE (24) beschrieben diesen Effekt beim Handstück.

> "Es findet ein Übergang von der Rotation eines Körpers um die Achse kleinsten Trägheitsmomentes zu der um die Achse größten Trägheitsmomentes statt. Mit anderen Worten: Bei größeren Geschwindigkeiten wird die Masse des Schleifers in das Zentrum gerissen, bevor das Instrument das Maximum der ihm durch ungenaue Lagerung usw. gestatteten Exzentrität erreicht."

KaVO INTRA Winkelstück Unterteil 20 B Kopfteil 68 F

Im Gegensatz zum Schnellaufwinkelstück steigt beim 1:1 Übersetzungswinkelstück (Tab. 7) die Bohrerschwingung mit zunehmender Drehzahl kontinuierlich an. Drei Jahre alte Instrumente zeigen in den drei gewählten Drehzahlbereichen die schlechtesten Werte dieser Versuchsserie.

KaVO INTRA Reduzierwinkelstück Unterteil 29 B Kopfteil 67 F

Beim Reduzierwinkelstück sind in den Drehzahlbereichen 250 U/min, 1.500 U/min und 2.500 U/min bei der fotografischen Auswertung keine Bohrerschwingungen sichtbar. Die geringen Drehzahlen reichen offensichtlich nicht aus, den Bohrer durch Zentrifugalkraft aus seiner Zentralachse auszulenken.
Lagerspiel ist eindeutig fühlbar.

KaVO INTRA Klinikhandstück 10 B

Das Klinikhandstück 10 B (Tab. 9) zeigt im Vergleich zu den oben genannten gewinkelten Antriebssystemen bei fabrikneuen sowie älteren Instrumenten die eindeutig kleinsten Bohrerschwingungen.
Ursache könnte die etwas breitere Lagerung und die gerade Rotationsachse sein.
Bei gewinkelten Antriebssystemen wird die Rotations-

richtung durch Kegelzahnräder geändert. Dies führt zwangsläufig zu einer stärkeren Lagerbelastung und damit zu schnellerem Lagerverschleiß.

Turbinen

Die Tabellen 11 und 12 geben die Ergebnisse der untersuchten Turbinen wieder. Wie beim Klinikhandstück ist ihr Lauf nahezu zentrisch.
Ein direkter Vergleich zwischen der kugelgelagerten Siemens SIRONA S Turbine mit Schraubspannfutter und luftgelagertem KaVO All-air Turbinen mit FG-Spannfutter kann nicht durchgeführt werden, da unterschiedlich alte Instrumente untersucht wurden.
Der ruhige Lauf der Turbinen wird in der Literatur bestätigt (EICHNER 15; FUHR 17; ADOLPH 1). R. HARNDT (21) gibt den Schwingweg für die Siemens SIRONA Turbine 4000 S mit 15 µm an.

Auslenkung unter horizontalem Vorschub

Bei horizontalem Vorschub ist der Schwingweg bei allen untersuchten Antriebssystemen größer als im Leerlauf (Tab.: 3,5,6,8,10,13,14).
Die Vermutung liegt nahe, daß erst unter diesen Versuchsbedingungen das gesamte Lagerspiel deutlich wird.

Eine Verfälschung der Meßwerte durch Verformung des rotierenden Instrumentes durch die auslenkenden Kräfte (50 p, 100 p, 150 p) kann nahezu ausgeschlossen werden. Die vorgeschlagene Anpreßkraft beträgt für FG-Hartmetallbohrer der Größe 018 0,5 N (50 p) und für Stahlbohrer 1 N (100 p). Diese Angaben liegen zwar zum Teil unterhalb der Versuchsbedingungen, gelten aber für rotierende Instrumente im Schleifkontakt, wo zusätzlich auf den Bohrer noch starke Torsionskräfte einwirken.

Es muß also davon ausgegangen werden, daß beim Bohren und Schleifen am Zahn mit gleich großen Vorschubkräften ähnlich große Schwingwege des rotierenden Instrumentes auftreten. Geringe Dämpfung des gekoppelten schwingenden Systems, Resonanzerscheinungen, Torsionskräfte und Rückpralleffekt des Bohrers können die Schwingwege sogar noch vergrößern.

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden moderne Antriebssysteme auf ihre Lagerbeschaffenheit untersucht.
Bohrerschwingungen werden bei unterschiedlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Bohrerauslenkungen unter horizontalem Vorschub gemessen.
Fabrikneue Instrumente werden gebrauchten gegenübergestellt.

Es kann festgestellt werden:

1. Der Schwingweg ist im Leerlauf geringer als bei horizontalem Vorschub.
2. Mit steigender Drehzahl sowie steigendem Vorschub verlängert sich der Schwingweg.
3. Nach einjährigem Gebrauch ist bei allen Antriebssystemen eine stärkere Bohrerauslenkung durch Lagerverschleiß zu erwarten. Dies gilt besonders für das Schnellaufwinkelstück, Winkelstück und Reduzierwinkelstück.
   Die Lagerung bei der Turbine und beim Klinikhandstück ist stabiler.

Aus diesen Ergebnissen ergibt sich die Forderung, trotz einwandfreier Wartung jedes Jahr die Bohrerlagerung überprüfen und gegebenenfalls auswechseln zu lassen. Die Dentalindustrie ist aufgefordert, weiterhin nach Verbesserungen zu suchen, um beständigere Bohrerlagerungen zu entwickeln.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. ADOLPH, W. Die Struktur der Dentinoberfläche nach deren Bearbeitung mit normal- und höchstourigen Präparationsinstrumenten
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 1344 (1959)

2. ADOLPH, W. Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit nieder-, hoch- und höchsttourig bearbeiteter Kavitätenwände
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 944 (1959)

3. ANDREAE, G., EICHNER, K., ROHRBACH, CH. Messung der Eigenfrequenz menschlicher Zähne und ihrer Vibration beim Bohren und Schleifen mit einem ansetzbaren, kleinen Induktionsschwingmesser
Zahnärztl. Rdsch. 69, 49 (1960)

4. BOHLMANN, A. Untersuchungen zur Spanung der Zahnhartsubstanzen mit umlaufenden Werkzeugen in verschiedenen Drehzahlbereichen und bei unterschiedlichen Vorschubkräften
C. Hanser Verlag München 1966

5. BONSACK, CH. TH. Das Schleifen
Deutscher Zahnärztekalender (1956)
Hrsg. E. HARNDT
C. Hanser Verlag München

6. BONSACK, CH. TH. Das Bohren
Deutscher Zahnärztekalender (1955)
Hrsg. E. HARNDT
C. Hanser Verlag München

7. EICHNER, K. Untersuchungen von Bohr- und Schleifvorgängen an Zahnhartsubstanzen mit Hilfe von kinematographischen Zeitdehnungsaufnahmen
Dtsch. Zahn-Mund-Kieferhk. 37, 1 (1962)

8. EICHNER, K. Untersuchungen von diamantierten Schleifern für Turbinengeräte
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 190 (1966)

9. EICHNER, K. Histologische Untersuchungen von menschlichen Zähnen nach hoch- und höchsttourigen Präparationen
Zahnärztl. Rdsch. 75, 23 (1966)

10. EICHNER, K. Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zum hoch- und höchsttourigen Bohren und Schleifen
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 192 (1960)

11. EICHNER, K. Untersuchungen über den Einfluß der Luftreibung von Präparationsinstrumenten auf die Drehzahl von Turbinen
Zahnärztl. Rdsch. 74, 125 (1965)

12. EICHNER, K. Hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen
Schweiz. Mschr. f. Zahnhk. 77, 20 (1967)

13. EICHNER, K. Untersuchungen zum hochtourigen Bohren und Schleifen
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 591 (1959)

14. EICHNER, K. Präparation und Drehzahl
Dtsch. zahnärztl. Z. 37, 422 (1982)

15. EICHNER, K. Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen
C. Hanser Verlag München 1966

16. EIFINGER, F. Präparationstechnik und Kavitätenrand
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 1324 (1962)

17. FUHR, K. Das Für und Wider des hoch- und höchsttourigen Schleifens
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 951 (1964)

18. GELLERT, TH. Vibrationsmessungen am menschlichen Zahn mit neuen Antrieben und verschiedenen Schleifkörpern
Med. Diss. FU Berlin 1984

19. GELLERT, TH. Vibrationsmessungen mit höchsttourigen Antriebsaggregaten
Dtsch. zahnärztl. Z. 39, 810 (1984)

20. HARNDT, R. Ist die Turbinenpräparation noch akzeptabel?
Dtsch. zahnärztl. Z. 37, 432 (1982)

21. HARNDT, R. Kinematographische Untersuchungen zum hochtourigen Bohren Dtsch. zahnärztl. Z. 39, 276 (1984)

22. HUNKIRCHEN, M. Ist die Präparation vitaler Zähne ohne ausreichendem Spray bei Anwendung hoher und höchster Umdrehungszahlen zu verantworten? Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1301 (1962)

23. ILG, K.V. Untersuchungen über den Rundlauf zahnärztlicher Schleifscheiben Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 192 (1953)

24. KELLER, H., KIERSE, H. Die Erschütterung der Zähne und die Schleifleistung von Diamantbohrern bei verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 518 (1954)

25. KIMMEL, K. Rotierende Instrumente für Klinik, Praxis und Labor Dokumentation Meisinger

26. KIMMERLE, G. Über die Härte des Zahnschmelzes nach Kavitätenpräparation mit besonderer Berücksichtigung des Airotors Med. Diss. Tübingen 1962

27. KLOS, H., ROTTKE, R. Experimentelle Untersuchungen zum Temperaturproblem beim höchsttourigen Bohren und Schleifen mit Turbinengeräten
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1959 (1960)

28. KRÖNCKE, A., KIMMERLE, G. Über die Härte des kavitätennahen Zahnschmelzes nach konventioneller und höchsttouriger Präparation
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1158 (1962)

29. LANGELAND, K. Histologic evaluation of pulp reaction to operative procedures
Oral Surg. 12, 1257 (1959)

30. ONTRUP, D. Die Wirkung rotierender Instrumente auf den Schmelz menschlicher Zähne
Med. Diss. FU Berlin 1959

31. PANTKE, H. Die Oberflächenstruktur der Kavitätenwände nach höchsttourigem Bohren und Schleifen
Zahnärztl. Mitt. i. Bild 2, 85 (1961)

32. PÄTZOLD,J., BEHNE, E.H., SEEGERS, W. Zur Turbinentechnik in der Zahnheilkunde
Zahnärztl. Welt/Reform 14, 422 (1959)

33. POLMAN-MOOY, A.C. Temperaturmessungen in Zahnhartsubstanzen beim normal-, hoch- und höchsttourigen Schleifen
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 130 (1963)

34. RATEITSCHAK, K.H., KÖNIG, K.G., MÜHLEMANN, H.R. Histologische Pulpareaktionen auf hoch- und höchsttourige Kavitätenpräparation
Schweiz. Mschr. Zahnhk. 69, 477 (1955)

35. STEIN, U. Die thermischen und mechanischen Einflüsse auf die Zahnhartsubstanzen durch normal-, hoch- und höchsttourige Präparation
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 894 (1964)

36. STÜBEN, J., HOPPE, W.F. Experimentelle Untersuchungen über die Temperaturveränderung in der Zahnhartsubstanz beim höchsttourigen Bohren und Schleifen
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 477 (1962)

37. TARIGAN, R. Die Auswirkung verschiedener Bohr- und Schleifinstrumente in Luftturbine und Mikromotor auf Kavitätenränder und -wände
Med. Diss. Bonn 1975

38. VIOHL, J. Die Intensitätsschwelle für Vibrationen am menschlichen Zahn
Med. Diss. FU Berlin 1963

39. WALSER, G. Experimentell-physikalische Untersuchungen über das Bohren und Schleifen mit turbinengetriebenen Instrumenten bei höchsten Drehzahlen
Zahnärztl. Welt/Reform 4, 107 (1960)

40. WALSH, J.P., SYMMONS, H.F. Vibration perception and frequencies
N.Z. Dent. J. 45, 106 (1949)

41. WEDER, M. Über die Veränderungen der Pulpa des menschlichen Zahnes nach Beschleifen mit hohen Geschwindigkeiten
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 104 (1960)

7. ANHANG

Tabelle 15

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: fabrikneu Geschwindigkeit: 10 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
2	365	25	365	25	364	20	365	25	365	25
3	364	20	365	25	366	30	366	30	364	20
4	366	30	365	25	365	25	364	20	364	20
5	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
6	365	25	364	20	364	20	365	25	364	20
7	365	25	365	25	366	30	365	25	365	25
8	364	20	364	20	364	20	366	30	365	25
9	365	25	365	25	364	20	365	25	366	30
10	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
Mittelwert		25		24		24		25,5		24

Geschwindigkeit: 60 000 U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
2	366	30	365	25	366	30	365	25	364	20
3	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
4	365	25	365	25	365	25	366	30	364	20
5	364	20	365	25	365	25	365	25	365	25
6	364	20	366	30	366	30	365	25	365	25
7	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
8	365	25	366	30	365	25	366	30	365	25
9	365	25	365	25	365	25	365	25	366	30
10	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
Mittelwert		25,5		26		26		26		24,5

Tabelle 1c

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 23A* Art: *fabrikneu* Geschwindigkeit: *110 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	366	30	366	30	364	20	365	25	365	25
2	365	25	366	30	364	20	365	25	366	30
3	365	25	365	25	365	25	365	25	364	20
4	364	20	365	25	365	25	365	25	365	25
5	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
6	365	25	364	20	366	30	366	30	365	25
7	365	25	366	30	365	25	365	25	365	25
8	365	25	365	25	366	30	366	30	365	25
9	365	25	366	30	365	25	365	25	365	25
10	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
Mittelwert		25,5		26,5		25		26		25,5

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Tabelle 17

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 10000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm
1	367	35	368	40	368	40	367	35	367	35
2	366	30	367	35	367	35	366	30	366	30
3	367	35	367	35	367	35	367	35	367	35
4	366	30	368	40	368	40	367	35	366	30
5	367	35	368	40	368	40	366	30	367	35
6	367	35	368	40	368	40	366	30	367	35
7	367	35	368	40	367	35	367	35	367	35
8	366	30	368	40	368	40	366	30	367	35
9	367	35	367	35	368	40	366	30	367	35
10	367	35	368	40	368	40	366	30	367	35
Mittelwert		33,5		38,5		38,5		32		34

Geschwindigkeit: 60000 U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	369	45	369	45	371	55	370	50	372	60
2	369	45	369	45	370	50	369	45	372	60
3	369	45	369	45	369	45	370	50	372	60
4	370	50	369	45	370	50	370	50	370	50
5	370	50	369	45	370	50	369	45	370	50
6	369	45	369	45	369	45	370	50	370	50
7	369	45	369	45	370	50	370	50	370	50
8	369	45	369	45	370	50	370	50	370	50
9	369	45	369	45	370	50	370	50	370	50
10	370	50	369	45	371	55	370	50	372	60
Mittelwert		46,5		45		50		49		54

Tabelle 16

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 23A* Art: *1 Jahr alt* Geschwindigkeit: *110 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	372	60	370	50	370	50	371	55	371	55
2	372	60	370	50	369	45	371	55	371	55
3	372	60	370	50	370	50	371	55	372	60
4	372	60	370	50	370	50	371	55	371	55
5	370	50	372	60	372	60	370	50	371	55
6	370	50	369	45	369	45	370	50	371	55
7	370	50	370	50	370	50	370	50	371	55
8	370	50	370	50	370	50	371	55	371	55
9	370	50	370	50	370	50	371	55	371	55
10	370	50	370	50	371	55	370	50	371	55
Mittelwert		54		50,5		50,5		53		54,5

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Tabelle 19

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 23 A* Art: *3 Jahre alt* Geschwindigkeit: *10 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	369	45	370	50	369	45	369	45	368	40
2	369	45	369	45	368	40	368	40	368	40
3	369	45	370	50	369	45	368	40	367	35
4	370	50	370	50	368	40	369	45	367	35
5	370	50	369	45	368	40	369	45	367	35
6	369	45	372	60	368	40	368	40	365	25
7	369	45	370	50	368	40	368	40	367	35
8	369	45	370	50	369	45	369	45	367	35
9	370	50	369	45	368	40	368	40	368	40
10	369	45	370	50	368	40	369	45	369	45
Mittelwert		46,5		49,5		41,5		42,5		36,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	369	45	369	45	368	40	365	25	369	45
2	369	45	369	45	368	40	367	35	369	45
3	369	45	369	45	368	40	366	30	369	45
4	370	50	368	40	369	45	366	30	368	40
5	369	45	369	45	368	40	367	35	368	40
6	370	50	369	45	369	45	366	30	369	45
7	370	50	370	50	368	40	367	35	369	45
8	369	45	369	45	367	35	367	35	369	45
9	369	45	369	45	368	40	366	30	368	40
10	369	45	369	45	368	40	367	35	369	45
Mittelwert		46,5		45		40,5		32		46,5

Tabelle 28

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 23A* Art: *3 Jahre alt* Geschwindigkeit: *60 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	371	55	372	60	369	45	370	50	369	45
2	370	50	370	50	369	45	371	55	369	45
3	370	50	370	50	369	45	370	50	369	45
4	369	45	370	50	369	45	370	50	370	50
5	370	50	370	50	370	50	371	55	369	45
6	370	50	370	50	369	45	371	55	370	50
7	372	60	372	60	369	45	371	55	369	45
8	369	45	370	50	370	50	370	50	368	40
9	370	50	372	60	370	50	371	55	369	45
10	370	50	372	60	369	45	371	55	369	45
Mittelwert		50,9		54		46,5		53		45,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	371	55	370	50	369	45	368	40	371	55
2	371	55	370	50	369	45	368	40	370	50
3	370	50	369	45	369	45	369	45	370	50
4	371	55	372	60	368	40	368	40	369	45
5	370	50	370	50	369	45	368	40	370	50
6	370	50	370	50	369	45	368	40	370	50
7	369	45	369	45	370	50	368	40	372	60
8	370	50	370	50	369	45	369	45	369	45
9	370	50	370	50	369	45	368	40	370	50
10	371	55	371	55	369	45	369	45	370	50
Mittelwert		51,5		50,5		45		41,5		50,5

Tabelle 21

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 110000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	370	50	372	60	370	50	370	50	370	50
2	371	55	371	55	370	50	371	55	369	45
3	370	50	370	50	369	45	370	50	370	50
4	371	55	372	60	372	60	370	50	370	50
5	371	55	372	60	370	50	371	55	370	50
6	370	50	370	50	370	50	371	55	370	50
7	371	55	372	60	369	45	371	55	370	50
8	371	55	370	50	370	50	370	50	369	45
9	371	55	372	60	370	50	371	55	369	45
10	370	50	372	60	371	55	371	55	369	45
Mittelwert		53		56,5		50,5		53		48
	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	371	55	371	55	369	45	368	40	371	55
2	371	55	371	55	369	45	368	40	371	55
3	370	50	370	50	370	50	369	45	370	50
4	371	55	371	55	370	50	369	45	371	55
5	371	55	371	55	370	50	369	45	370	50
6	371	55	371	55	369	45	369	45	370	50
7	370	50	370	50	369	45	368	40	369	45
8	370	50	370	50	369	45	369	45	370	50
9	371	55	371	55	369	45	368	40	370	50
10	370	50	370	50	369	45	369	45	371	55
Mittelwert		53		53		46,5		44		51,5

Tabelle 12

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 24B* Art: *fabrikneu* Geschwindigkeit: *15 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	363	15								
2	363	15								
3	362	10								
4	364	20								
5	363	15								
6	364	20								
7	363	15								
8	364	20								
9	363	15								
10	363	15								
Mittelwert		16								

Geschwindigkeit: *90 000* U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	363	15								
2	362	10								
3	363	15								
4	363	15								
5	364	20								
6	363	15								
7	363	15								
8	362	10								
9	363	15								
10	364	20								
Mittelwert		16								

Tabelle 23

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 24B* Art: *fabrikneu* Geschwindigkeit: *145000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	363	15								
2	362	10								
3	363	15								
4	362	10								
5	364	20								
6	363	15								
7	363	15								
8	363	15								
9	363	15								
10	364	20								
Mittelwert		15								

Geschwindigkeit: U/min

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 24B* Art: *1 Jahr alt* Geschwindigkeit: *15000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	365	25								
2	365	25								
3	364	20								
4	365	25								
5	365	25								
6	366	30								
7	365	25								
8	365	25								
9	365	25								
10	364	20								
Mittelwert		24,5								

Geschwindigkeit: *90 000* U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	370	50								
2	370	50								
3	369	45								
4	372	60								
5	370	50								
6	370	50								
7	370	50								
8	370	50								
9	370	50								
10	369	45								
Mittelwert		50								

Tabelle 25

Instrument: *Schnellaufwinkelstück 24B* Art: *1 Jahr alt* Geschwindigkeit: *145000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm
1	372	60								
2	372	60								
3	372	60								
4	370	50								
5	373	65								
6	370	50								
7	372	60								
8	373	65								
9	373	65								
10	373	65								
Mittelwert		60								

Geschwindigkeit: U/min

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Tabelle 1

Instrument: Winkelstück U.20B, K.68F Art: fabrikneu Geschwindigkeit: 4000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	364	20	365	25	365	25	365	25	365	25
2	364	20	366	30	365	25	365	25	365	25
3	365	25	366	30	364	20	365	25	365	25
4	365	25	366	30	364	20	365	25	364	20
5	364	20	365	25	364	20	366	30	365	25
6	364	20	365	25	365	25	366	30	366	30
7	364	20	365	25	364	20	365	25	365	25
8	364	20	366	30	364	20	365	25	365	25
9	365	25	366	30	364	20	366	30	365	25
10	365	25	365	25	364	20	360	30	365	25
Mittelwert		22		27,5		21,5		27		25

Geschwindigkeit: 20 000 U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	366	30	366	30	365	25	366	30	366	30
2	365	25	367	35	365	25	366	30	366	30
3	365	25	367	35	364	20	366	30	365	25
4	364	20	366	30	364	20	365	25	365	25
5	364	20	366	30	365	25	366	30	366	30
6	365	25	367	35	364	20	367	35	366	30
7	365	25	366	30	365	25	366	30	367	35
8	365	25	367	35	365	25	367	35	366	30
9	364	20	366	30	365	25	367	35	366	30
10		24	367	35	365	25	367	35	367	35
Mittelwert				32,5		23,5		31,5		30

Tabelle 27

Instrument: *Winkelstück U.20B, K.68F* Art: *fabrikneu* Geschwindigkeit: *35000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	370	50	370	50	370	50	372	60	372	60
2	369	45	371	55	370	50	372	60	370	50
3	371	55	370	50	369	45	371	55	370	50
4	370	50	370	50	369	45	371	55	370	50
5	370	50	371	55	370	50	370	50	371	55
6	370	50	370	50	370	50	371	55	370	50
7	369	45	370	50	370	50	371	55	370	50
8	369	45	371	55	371	55	371	55	370	50
9	370	50	371	55	369	45	371	55	371	55
10	370	50	371	55	370	50	371	55	370	50
Mittelwert		49		52,5		49		55,5		52

Geschwindigkeit: U/min

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 4000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	366	30	366	30	367	35	366	30	366	30
2	366	30	367	35	367	35	365	25	367	35
3	367	35	366	30	367	35	365	25	368	40
4	366	30	366	30	367	35	365	25	368	40
5	365	25	367	35	366	30	366	30	368	40
6	365	25	366	30	367	35	365	25	368	40
7	366	30	366	30	366	30	365	25	367	35
8	366	30	367	35	366	30	365	25	368	40
9	366	30	366	30	367	35	365	25	367	35
10	367	35	366	30	367	35	365	25	368	40
Mittelwert		30		31,5		33,5		26		37,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	366	30	367	35	367	35	366	30	365	25
2	367	35	366	30	366	30	365	25	365	25
3	366	30	367	35	366	30	365	25	366	30
4	366	30	367	35	367	35	366	30	366	30
5	366	30	366	30	367	35	365	25	366	30
6	366	30	366	30	366	30	366	30	365	25
7	366	30	366	30	367	35	366	30	366	30
8	367	35	367	35	366	30	365	25	365	25
9	367	35	366	30	366	30	366	30	366	30
10	366	30	367	35	366	30	366	30	366	30
Mittelwert		31,5		32,5		32		28		28

Tabelle 29

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 20 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	370	50	370	50	371	55	371	55	371	55
2	370	50	372	60	371	55	369	55	372	60
3	369	45	370	50	372	60	369	45	371	55
4	370	50	372	60	371	55	371	55	370	50
5	370	50	371	55	371	55	371	55	371	55
6	369	45	371	55	371	55	370	50	371	55
7	369	45	371	55	372	60	370	50	372	60
8	370	50	371	55	371	55	370	50	371	55
9	370	50	370	50	371	55	370	50	371	55
10	370	50	371	55	371	55	371	55	371	55
Mittelwert		48		54,5		56		52		55,5
	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	370	50	369	45	369	45	368	40	368	40
2	370	50	369	45	369	45	369	45	369	45
3	369	45	369	45	368	40	368	40	369	45
4	369	45	369	45	368	40	368	40	368	40
5	369	45	370	50	369	45	368	40	368	40
6	369	45	369	45	369	45	368	40	369	45
7	370	50	368	40	369	45	369	45	369	45
8	369	45	368	40	369	45	368	40	369	45
9	370	50	369	45	369	45	368	40	369	45
10	369	45	369	45	369	45	368	40	369	45
Mittelwert				44,5		44		41		43,5

Tabelle 3

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F. Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 35000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	371	55	372	60	372	60	371	55	373	65
2	371	55	372	60	372	60	372	60	372	60
3	372	60	372	60	374	70	371	55	372	60
4	372	60	372	60	373	65	371	55	371	55
5	370	50	371	55	372	60	371	55	372	60
6	371	55	372	60	372	60	371	55	372	60
7	371	55	372	60	372	60	372	60	371	55
8	371	55	371	55	374	70	371	55	373	65
9	371	55	371	55	372	60	372	60	372	60
10	370	50	373	65	372	60	372	60	372	60
Mittelwert		55		59		62,5		57		60
	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	371	55	371	55	371	55	371	55	370	50
2	372	60	371	55	371	55	371	55	370	50
3	371	55	372	60	371	55	371	55	371	55
4	371	55	372	60	370	50	370	50	371	55
5	371	55	371	55	372	60	370	50	372	60
6	372	60	371	55	371	55	371	55	372	60
7	372	60	371	55	371	55	371	55	372	60
8	372	60	372	60	370	50	372	60	371	55
9	371	55	371	55	370	50	370	50	371	55
10	371	55	371	55	371	55	371	55	371	55
Mittelwert		57		56,5		54		54		55,5

Tabelle 31

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 4000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	372	60	377	85	380	100	379	95	372	60
2	374	70	378	90	382	110	380	100	371	55
3	374	70	378	90	382	110	380	100	372	60
4	373	65	378	90	382	110	379	95	372	60
5	373	65	377	85	380	100	379	95	372	60
6	373	65	377	85	381	105	379	95	373	65
7	374	70	378	90	382	110	380	100	373	65
8	373	65	378	90	382	110	380	100	372	60
9	373	65	378	90	383	115	379	95	372	60
10	373	65	377	85	383	115	379	95	372	60
Mittelwert		66		88		108,5		97		60,5
	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	379	95	381	105	382	110	373	65	378	90
2	379	95	382	110	382	110	374	70	379	95
3	379	95	381	105	382	110	374	70	379	95
4	379	95	382	110	381	105	374	70	379	95
5	380	100	382	110	381	105	373	65	380	100
6	380	100	382	110	381	105	375	75	379	95
7	379	95	382	110	382	110	374	70	378	90
8	379	95	381	105	382	110	374	70	379	95
9	380	100	382	110	382	110	374	70	379	95
10	379	95	382	110	381	105	374	70	379	95
Mittelwert		96,5		108,5		108		69,5		94,5

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 20 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	374	70	381	105	386	130	382	110	375	75
2	374	70	382	110	387	135	382	110	376	80
3	374	70	382	110	386	130	381	105	376	80
4	375	75	382	110	386	130	381	105	375	75
5	374	70	381	105	386	130	381	105	375	75
6	374	70	381	105	387	135	381	105	375	75
7	375	75	381	105	387	135	381	105	376	80
8	374	70	382	110	386	130	381	105	375	75
9	375	75	382	110	387	135	382	110	375	75
10	375	75	383	115	387	135	382	110	376	80
Mittelwert		72		108,5		132,5		107		77

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	382	110	387	135	386	130	375	75	381	105
2	382	110	388	140	386	130	376	80	380	100
3	383	115	387	135	387	135	375	75	381	105
4	382	110	388	140	386	130	376	80	381	105
5	382	110	387	135	385	125	376	80	382	110
6	382	110	387	135	386	130	376	80	380	100
7	383	115	387	135	386	130	376	80	381	105
8	383	115	388	140	386	130	375	75	381	105
9	381	105	387	135	386	130	375	75	380	100
10	382	110	387	135	386	130	375	75	381	105
Mittelwert		108		136,5		130		77,5		104

Tabelle 33

Instrument: Winkelstück 20B K.68F. Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 35000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	377	85	387	135	392	160	387	135	378	90
2	376	80	387	135	390	150	387	135	378	90
3	377	85	386	130	391	155	386	130	378	90
4	378	90	388	140	392	160	386	130	378	90
5	377	85	386	130	392	160	387	135	378	90
6	377	85	387	135	392	160	387	135	379	95
7	377	85	387	135	390	150	387	135	379	95
8	376	80	387	135	392	160	386	130	378	90
9	377	85	387	135	391	155	386	130	379	95
10	377	85	388	140	392	160	387	135	378	90
Mittelwert		84,5		135		157		133		91,5
	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	388	140	392	160	390	150	380	100	382	110
2	389	145	392	160	389	145	380	100	383	115
3	388	140	391	155	389	145	379	95	384	120
4	388	140	392	160	389	145	379	95	384	120
5	389	145	391	155	390	150	379	95	384	120
6	387	135	392	160	390	150	380	100	384	120
7	387	135	392	160	389	145	379	95	384	120
8	388	140	392	160	389	145	379	95	383	115
9	388	140	393	165	389	145	378	90	382	110
10	388	140	392	160	390	150	379	95	383	115
Mittelwert		140		159,5		147		96		116,5

Instrument: *Klinikhandstück 10B* Art: *fabrikneu* Geschwindigkeit: *4000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	363	15	363	15	364	20	363	15	362	10
2	363	15	364	20	364	20	363	15	362	10
3	364	20	364	20	364	20	364	20	363	15
4	363	15	364	20	363	15	363	15	363	15
5	363	15	364	20	363	15	364	20	363	15
6	363	15	364	20	363	15	363	15	362	10
7	363	15	363	15	363	15	363	15	362	10
8	364	20	363	15	363	15	363	15	362	10
9	364	20	364	20	364	20	363	15	363	15
10	363	15	364	20	364	20	364	20	363	15
Mittelwert		16,5		18,5		17,5		16,5		12,5

Geschwindigkeit: *20000* U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	364	20	364	20	365	25	364	20	363	15
2	364	20	364	20	365	25	364	20	363	15
3	364	20	364	20	365	25	364	20	364	20
4	364	20	365	25	364	20	364	20	363	15
5	365	25	365	25	365	25	365	25	364	20
6	364	20	364	20	364	20	365	25	363	15
7	364	20	364	20	366	30	365	25	364	20
8	364	20	364	20	366	30	365	25	363	15
9	365	25	365	25	365	25	364	20	363	15
10	365	25	365	25	365	25	364	20	363	15
Mittelwert		21,5		22		25		22		16,5

Tabelle 35

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: Fabrikneu Geschwindigkeit: 35000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr. (mm)	Aum	Mstr. (mm)	Aum	Mstr. (mm)	Aum	Mstr. (mm)	Aum	Mstr. (mm)	Aum
1	364	20	364	20	365	25	365	25	364	20
2	365	25	366	30	365	25	365	25	364	20
3	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
4	365	25	365	25	365	25	365	25	365	25
5	364	20	365	25	366	30	364	20	365	25
6	365	25	364	20	365	25	365	25	365	25
7	365	25	365	25	365	25	366	30	364	20
8	365	25	364	20	364	20	365	25	364	20
9	364	20	364	20	365	25	365	25	364	20
10	364	20	364	20	365	25	365	25	365	25
Mittelwert		23		23		25		25		22

Geschwindigkeit: U/min

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 4000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	364	20	364	20	364	20	364	20	365	25
2	365	25	365	25	365	25	366	30	365	25
3	364	20	365	25	366	30	365	25	366	30
4	364	20	364	20	364	20	366	30	366	30
5	364	20	364	20	364	20	366	30	366	30
6	365	25	364	20	364	20	365	25	365	25
7	364	20	365	25	364	20	365	25	365	25
8	364	20	364	20	364	20	365	25	365	25
9	364	20	365	25	365	25	366	30	365	25
10	363	15	365	25	364	20	366	30	365	25
Mittelwert		20,5		23		22		27		26,5

Geschwindigkeit: 20000 U/min

	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
1	364	20	365	25	365	25	366	30	365	25
2	365	25	364	20	365	25	365	25	366	30
3	364	20	364	20	365	25	366	30	366	30
4	364	20	366	30	364	20	366	30	365	25
5	364	20	366	30	364	20	366	30	365	25
6	365	25	365	25	365	25	366	25	365	25
7	366	30	365	25	364	20	366	30	365	25
8	364	20	365	25	364	20	366	30	366	30
9	364	20	364	20	364	20	365	25	365	25
10	364	20	366	30	363	15	365	25	366	30
Mittelwert		22		25		21,5		28		27

Tabelle 37

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: 1 Jahr alt Geschwindigkeit: 35 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm	Mstr. (mm)	µm
1	364	20	366	30	365	25	366	30	366	30
2	365	25	365	25	364	20	365	25	366	30
3	365	25	365	25	364	20	365	25	365	25
4	366	30	365	25	365	25	366	30	366	30
5	365	25	366	30	365	25	367	35	365	25
6	365	25	366	30	365	25	366	30	365	25
7	364	20	366	30	364	20	366	30	366	30
8	364	20	365	25	364	20	366	30	366	30
9	364	20	364	20	365	25	366	30	367	35
10	364	20	365	25	365	25	366	30	366	30
Mittelwert		23		26,5		23		29,5		29

Geschwindigkeit: U/min

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Instrument: *Klinikhandstück 10B* Art: *3 Jahre alt* Geschwindigkeit: *4000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	365	25	366	30	368	40	366	30	368	40
2	366	30	365	25	368	40	367	35	368	40
3	366	30	365	25	367	35	367	35	368	40
4	365	25	365	25	367	35	367	35	367	35
5	366	30	365	25	367	35	368	40	367	35
6	366	30	365	25	367	35	367	35	367	35
7	366	30	365	25	368	40	368	40	367	35
8	365	25	366	30	368	40	367	35	367	35
9	366	30	365	25	368	40	367	35	368	40
10	366	30	366	30	367	35	367	35	367	35
Mittelwert		28,5		26,5		37,5		35,5		37

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	368	40	365	25	366	30	367	35	365	25
2	368	40	365	25	365	25	366	30	365	25
3	367	35	365	25	366	30	365	25	366	30
4	367	35	365	25	366	30	365	25	365	25
5	367	35	365	25	365	25	365	25	365	25
6	367	35	365	25	366	30	365	25	365	25
7	366	30	366	30	366	30	365	25	365	25
8	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
9	367	35	366	30	365	25	366	30	365	25
10	366	30	365	25	365	25	365	25	365	25
Mittelwert				26		27,5		27		25,5

Tabelle 39

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 20000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	366	30	366	30	368	40	368	40	367	35
2	366	30	366	30	368	40	367	35	367	35
3	366	30	366	30	367	35	367	35	367	35
4	365	25	365	25	367	35	368	40	368	40
5	366	30	365	25	368	40	368	40	368	40
6	366	30	365	25	367	35	368	40	368	40
7	365	25	365	25	368	40	368	40	368	40
8	365	25	365	25	368	40	367	35	367	35
9	366	30	366	30	368	40	367	35	367	35
10	366	30	366	30	368	40	367	35	368	40
Mittelwert		28,5		27,5		38,5		37,5		37,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	367	35	366	30	365	25	365	25	366	30
2	368	40	365	25	364	20	366	30	365	25
3	367	35	366	30	366	30	366	30	365	25
4	367	35	365	25	365	25	365	25	365	25
5	367	35	365	25	366	30	365	25	366	30
6	367	35	365	25	366	30	366	30	365	25
7	367	35	365	25	366	30	366	30	364	20
8	368	40	365	25	366	30	365	25	366	30
9	368	40	365	25	365	25	366	30	366	30
10	368	40	366	30	366	30	365	25	365	25
Mittelwert		37		26,5		27,5		27,5		26,5

Instrument: *Klinikhandstück 10B* Art: *3 Jahre alt* Geschwindigkeit: *35 000* U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	366	30	366	30	368	40	368	40	368	40
2	366	30	365	25	368	40	368	40	367	35
3	366	30	365	25	367	35	367	35	367	35
4	366	30	366	30	368	40	367	35	368	40
5	365	25	366	30	369	45	368	40	367	35
6	365	25	365	25	367	35	367	35	367	35
7	366	30	366	30	368	40	368	40	367	35
8	367	35	365	25	368	40	368	40	368	40
9	366	30	366	30	368	40	368	40	368	40
10	366	30	366	30	368	40	368	40	368	40
Mittelwert		29,5		28		39,5		38,5		37,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	368	40	366	30	366	30	365	25	366	30
2	368	40	366	30	366	30	366	30	365	25
3	368	40	366	30	365	25	365	25	365	25
4	367	35	365	25	365	25	366	30	366	30
5	367	35	365	25	366	30	365	25	366	30
6	367	35	366	30	366	30	366	30	365	25
7	368	40	366	30	365	25	366	30	366	30
8	367	35	366	30	366	30	365	25	365	25
9	368	40	365	25	366	30	365	25	365	25
10	368	40	366	30	366	30	366	30	366	30
Mittelwert		38		28,5		28,5				27,5

Tabelle 41

Instrument: KaVo Turbine All-air Art: 3 Jahre alt Geschwindigkeit: 380 000 - 390 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	365	25	366	30	366	30	365	25	366	30
2	365	25	366	30	366	30	365	25	366	30
3	364	20	365	25	366	30	365	25	366	30
4	365	25	365	25	366	30	365	25	366	30
5	365	25	365	25	366	30	365	25	366	30
6	365	25	366	30	365	25	365	25	366	30
7	366	30	366	30	365	25	365	25	365	25
8	365	25	365	25	366	30	365	25	366	30
9	365	25	366	30	365	25	365	25	366	30
10	366	30	366	30	365	25	365	25	366	30
Mittelwert		25,5		28		28		25		29,5

	Instrument 6		Instrument 7		Instrument 8		Instrument 9		Instrument 10	
1	365	25	365	25	366	30	364	20	365	25
2	365	25	365	25	365	25	364	20	365	25
3	365	25	365	25	365	25	365	25	366	30
4	365	25	365	25	365	25	365	25	366	30
5	366	30	365	25	366	30	365	25	365	25
6	366	30	366	30	365	25	365	25	365	25
7	365	25	365	25	365	25	365	25	366	30
8	365	25	365	25	366	30	364	20	365	25
9	365	25	365	25	365	25	364	20	366	30
10	366	30	366	30	365	25	364	20	366	30
Mittelwert		26,5		26		26,5		22		27,5

Instrument: Siemens SIRONA Turbine 4000S Art: fabrikneu Geschwindigkeit: 360 000 U/min

Messung	Instrument 1		Instrument 2		Instrument 3		Instrument 4		Instrument 5	
	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm	Mstr.(mm)	µm
1	364	20								
2	364	20								
3	364	20								
4	364	20								
5	364	20								
6	364	20								
7	364	20								
8	364	20								
9	364	20								
10	364	20								
Mittelwert		20								

	Instrument		Instrument		Instrument		Instrument		Instrument	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Mittelwert										

Tabelle 43

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: fabrikneu

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	30	30	30	30	30	25	30	25	30	30	29
	100	35	40	40	35	35	40	35	35	35	35	36,5
	150	40	40	45	40	45	40	45	45	45	40	42,5
2	50	30	35	30	30	30	25	30	25	25	30	29
	100	35	35	35	35	40	40	35	35	35	35	36
	150	35	35	40	40	40	35	35	40	40	40	38
3	50	30	25	30	25	30	30	25	25	25	25	27
	100	35	35	35	35	40	35	35	35	35	40	36
	150	45	45	40	40	40	40	40	40	40	40	41
4	50	30	25	25	25	30	30	30	30	30	30	28,5
	100	30	30	30	30	30	35	35	35	35	35	32,5
	150	40	40	40	35	35	35	40	40	40	40	38,5
5	50	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29,5
	100	35	35	35	35	35	35	35	35	35	40	35,5
	150	40	40	40	45	45	40	40	40	35	40	40,5
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 44

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: 1 Jahr alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	40	40	45	45	45	40	40	40	40	40	41,5
	100	50	50	50	50	55	55	55	50	55	50	52
	150	60	60	60	60	60	60	55	55	60	55	58,5
2	50	45	45	45	45	46	45	40	40	45	45	44
	100	50	50	50	50	50	55	55	50	50	50	51
	150	55	60	60	55	55	60	60	60	60	55	58
3	50	45	45	45	45	45	50	50	45	45	45	46
	100	50	60	55	60	55	55	55	55	55	55	55,5
	150	60	60	60	65	65	60	60	60	65	65	62
4	50	40	40	40	40	40	40	45	45	40	40	41
	100	55	60	55	50	55	55	55	55	55	55	55
	150	60	60	60	60	65	65	65	65	65	65	63
5	50	40	40	45	45	40	40	40	40	40	40	41
	100	55	55	60	55	60	60	60	60	55	60	58
	150	60	60	65	65	65	65	65	65	65	60	63,5
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 45

Instrument: Schnellaufwinkelstück 23A Art: 3 Jahre alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	60	55	55	60	55	55	55	60	55	60	57
	100	65	55	60	65	60	60	60	60	60	65	61
	150	70	70	70	70	65	65	70	65	65	70	68
2	50	60	65	60	60	60	60	65	60	65	65	62
	100	65	65	65	65	65	65	65	70	70	65	66
	150	70	70	70	70	70	70	75	75	70	70	71
3	50	55	55	50	55	55	55	60	55	50	55	54,5
	100	60	60	60	65	65	65	60	60	60	75	62,5
	150	70	75	70	70	70	70	70	70	70	75	71
4	50	55	55	55	55	60	60	55	60	60	60	57,5
	100	65	60	60	60	60	65	65	65	65	65	63
	150	75	75	75	75	75	70	70	75	75	70	73,5
5	50	50	55	50	50	55	55	50	55	50	55	52,5
	100	60	60	60	60	55	65	60	60	60	55	59,5
	150	65	65	65	60	60	65	65	60	65	65	63,5
6	50	55	55	55	60	55	60	55	55	55	55	56
	100	60	60	65	65	65	65	65	65	60	60	63
	150	65	65	65	65	65	65	70	70	65	65	66
7	50	55	55	60	55	55	60	55	55	60	55	56,5
	100	60	60	60	60	65	65	65	65	55	65	62
	150	65	65	65	65	65	70	65	65	65	70	66
8	50	50	50	50	50	50	55	50	50	50	55	51
	100	55	55	55	60	55	55	55	55	60	60	56,5
	150	60	60	65	65	65	65	65	65	70	70	65
9	50	50	50	50	55	50	50	50	50	50	50	50,5
	100	55	55	60	55	55	60	55	55	60	55	56,5
	150	60	60	60	55	60	55	60	55	60	60	58,5
10	50	55	55	55	60	55	60	55	55	60	60	57
	100	65	65	65	60	60	60	65	65	65	65	63,5
	150	70	70	65	70	65	65	65	65	70	70	67,5

Tabelle 46

Instrument: Schnellaufwinkelstück 24B Art: fabrikneu

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	20	20	20	25	20	20	20	20	25	20	21
	100	25	25	20	25	25	25	25	20	20	25	23.5
	150	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2	50											
	100											
	150											
3	50											
	100											
	150											
4	50											
	100											
	150											
5	50											
	100											
	150											
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 47

Instrument: Schnellaufwinkelstück 24B Art: 1 Jahr alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	25	25	25	30	30	30	30	30	30	25	28
	100	60	60	55	55	55	55	55	60	55	55	56,5
	150	65	65	65	65	60	60	60	60	65	65	63
2	50											
	100											
	150											
3	50											
	100											
	150											
4	50											
	100											
	150											
5	50											
	100											
	150											
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 48

Instrument: Winkelstück U.20B K.68F Art: fabrikneu

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	80	75	75	80	75	75	80	80	80	80	78
	100	100	95	95	95	100	100	95	95	95	100	97
	150	120	120	115	115	120	120	120	120	120	120	117
2	50	80	80	75	75	75	75	75	75	80	75	76,5
	100	100	100	100	100	95	95	95	100	100	100	98,5
	150	120	115	120	120	120	115	115	115	115	115	117
3	50	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	100	105	105	100	100	105	105	100	105	105	100	103
	150	115	115	115	115	115	120	120	115	120	120	117
4	50	75	75	75	75	80	75	75	75	80	80	765
	100	95	95	95	95	90	90	90	95	95	95	935
	150	100	105	105	105	105	100	100	105	105	105	104
5	50	75	80	75	75	75	75	75	75	80	80	765
	100	100	95	95	95	100	100	100	95	95	95	97
	150	105	100	105	105	100	105	105	105	100	100	103
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 49

Instrument: Winkelstück U. 20B K. 68F Art: 1 Jahr alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	90	90	85	85	85	85	85	85	90	85	86,5
	100	105	105	100	100	105	105	105	105	105	105	104
	150	130	130	130	125	125	130	130	130	125	125	128
2	50	90	90	90	90	90	90	85	85	90	90	89
	100	105	105	105	110	110	105	105	105	105	110	106,5
	150	130	135	135	135	135	130	130	130	135	135	133
3	50	95	95	90	90	90	90	90	95	95	95	92,5
	100	105	110	110	105	105	110	110	110	105	105	107,5
	150	125	125	125	120	120	120	125	125	125	120	123
4	50	95	90	90	95	90	95	95	95	90	95	93
	100	105	110	110	110	110	105	105	105	110	110	108
	150	130	130	125	130	130	130	130	125	125	125	128
5	50	100	100	95	100	95	105	100	100	95	100	98,5
	100	120	115	115	120	120	120	120	115	115	120	118
	150	140	135	140	140	140	135	135	140	140	140	138,5
6	50	95	95	95	100	100	100	95	95	95	95	96,5
	100	115	115	115	115	120	120	115	120	120	115	117
	150	135	130	140	140	135	135	135	135	140	135	136,5
7	50	95	95	95	95	95	95	90	100	95	90	94,5
	100	110	105	105	110	115	105	105	110	110	105	108
	150	120	125	120	120	120	125	125	120	120	125	120
8	50	95	90	90	95	90	95	95	95	95	90	93
	100	105	110	110	105	110	110	105	105	110	110	108
	150	125	120	125	120	125	125	120	120	125	125	123
9	50	85	90	85	90	90	90	85	90	90	85	88
	100	100	95	95	100	100	95	95	95	95	100	97
	150	110	120	120	115	115	115	115	115	120	120	116,5
10	50	90	95	95	95	95	95	90	95	90	95	93,5
	100	105	100	105	105	105	100	100	105	110	105	103
	150	120	120	120	115	115	115	120	120	115	120	118

Tabelle 50

Instrument: Winkelstück U. 20B K. 68F Art: 3 Jahre alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	190	185	185	190	190	190	190	185	185	185	187.5
	100	250	245	250	245	245	245	250	245	245	250	247
	150	290	285	295	295	290	285	290	290	285	290	290
2	50	170	175	180	180	180	175	175	180	180	180	177.5
	100	240	245	245	245	245	240	245	245	240	240	243
	150	275	280	275	275	275	280	280	280	280	275	277.5
3	50	190	185	185	190	195	195	190	190	190	185	189.5
	100	265	260	265	260	260	260	260	265	265	265	262.5
	150	280	275	275	280	275	280	275	275	280	275	277
4	50	190	185	190	190	190	185	185	185	185	185	187
	100	250	240	240	245	245	250	245	245	245	250	245.5
	150	285	280	285	285	280	280	280	285	285	280	282.5
5	50	220	215	215	215	220	220	215	215	220	220	217.5
	100	280	275	280	275	280	280	280	280	275	275	278
	150	300	305	305	300	295	300	300	305	305	305	302
6	50	205	210	205	205	210	210	210	205	210	210	208
	100	260	270	265	265	270	270	270	265	270	265	267
	150	285	290	285	285	290	290	290	285	285	285	287
7	50	180	175	175	180	180	180	175	185	175	180	178
	100	240	245	250	250	240	245	245	245	240	240	244
	150	265	265	265	260	265	260	260	260	265	265	263
8	50	175	170	170	170	175	175	170	170	175	170	172
	100	235	230	235	230	230	235	235	230	230	225	231
	150	270	275	275	275	275	270	275	270	275	270	273
9	50	160	155	160	165	160	155	160	160	155	165	159.5
	100	205	195	200	205	205	200	200	200	200	205	201.5
	150	220	215	215	210	215	210	220	220	215	215	215.5
10	50	155	150	155	145	150	155	155	150	155	150	152
	100	195	190	185	190	185	190	190	195	190	185	189.5
	150	215	210	215	215	210	210	215	215	210	210	212.5

Tabelle 51

Instrument: Reduzierwinkelstück Art: fabrikneu
U. 29B ; K. 67F

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	80	80	80	80	75	75	75	80	80	75	78
	100	95	95	95	95	100	100	95	95	100	95	96,5
	150	120	125	120	125	115	115	115	120	120	120	119,5
2	50	80	80	75	75	75	75	75	80	75	75	76,5
	100	95	100	95	95	95	95	100	95	100	95	96,5
	150	110	110	105	105	110	110	105	105	105	110	107,5
3	50	85	85	85	85	85	90	90	85	85	90	86,5
	100	105	105	100	100	100	100	105	105	105	100	102,5
	150	110	115	115	115	120	110	110	115	115	115	114
4	50	75	75	75	80	85	75	75	80	75	75	77
	100	95	95	90	90	95	95	95	95	95	90	93,5
	150	105	105	105	110	105	110	105	110	105	105	106,5
5	50	70	70	75	75	75	85	70	85	75	75	75,5
	100	85	85	90	95	85	85	85	85	90	95	88
	150	100	100	100	100	105	105	105	100	105	105	102,5
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 52

Instrument: Reduzierwinkelstück Art: 1 Jahr alt
U. 29B ; K. 67F

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	70	75	75	70	70	70	75	70	75	75	72,5
	100	85	85	85	90	90	85	85	85	90	90	83
	150	120	120	115	115	115	120	120	120	115	115	117,5
2	50	95	90	95	90	95	95	95	95	90	95	93,5
	100	110	110	105	105	110	110	105	110	110	105	108
	150	115	115	120	125	125	125	120	120	125	120	121
3	50	100	95	100	105	105	105	100	105	105	100	102
	100	115	120	115	120	115	115	115	115	120	120	117
	150	140	140	140	135	135	140	140	140	135	140	138
4	50	90	90	95	95	95	95	90	95	90	95	93
	100	105	110	110	110	105	105	105	105	105	110	107
	150	125	125	130	130	130	125	130	130	125	130	128
5	50	100	95	100	100	100	95	95	100	100	95	98
	100	120	115	115	120	120	120	120	120	115	115	118
	150	145	140	135	135	135	140	140	140	140	135	138
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 53

Instrument: Reduzierwinkelstück U. 29B : K. 67F Art: 3 Jahre alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	175	180	175	180	180	185	175	175	175	175	177,5
	100	230	235	230	230	230	230	235	235	230	235	232
	150	275	275	270	275	270	270	270	270	275	275	272,5
2	50	190	185	185	190	190	190	185	185	190	185	187,5
	100	250	240	245	240	245	245	245	240	240	245	243,5
	150	270	265	265	265	260	275	270	275	270	265	268
3	50	160	165	155	165	160	160	160	160	160	155	160
	100	185	180	180	180	175	185	180	180	175	180	180
	150	240	245	235	235	240	235	235	235	240	240	238
4	50	155	145	140	145	145	145	145	145	140	145	145,5
	100	175	170	175	170	170	170	170	175	170	170	172,5
	150	230	230	230	230	230	235	235	235	225	235	231,5
5	50	190	185	190	190	185	185	185	195	190	190	188,5
	100	255	250	250	255	245	245	250	250	250	255	250,5
	150	275	270	270	265	275	270	270	270	265	270	270
6	50	170	175	170	175	175	170	170	170	170	175	172
	100	220	225	225	230	230	230	225	230	225	230	227
	150	265	275	270	270	270	265	265	275	265	275	269,5
7	50	155	165	155	165	160	165	165	160	160	165	161,5
	100	180	185	185	180	185	185	180	180	185	180	182,5
	150	235	235	240	240	235	235	240	245	235	235	237,5
8	50	195	190	185	190	185	190	190	195	190	185	189,5
	100	255	250	245	250	250	250	250	250	250	255	250,5
	150	265	270	275	275	275	265	265	265	275	265	267,5
9	50	150	145	140	140	140	145	150	145	145	150	145
	100	175	180	185	185	180	175	175	175	175	185	179
	150	225	225	230	235	225	225	230	230	235	225	228,5
10	50	195	190	195	195	190	185	185	190	190	195	191
	100	240	245	235	240	235	235	235	245	245	245	240
	150	270	265	265	265	265	270	275	265	265	270	267,5

Tabelle 54

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: fabrikneu

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	25	25	25	25	25	30	30	25	25	30	26.5
	100	35	35	35	35	35	35	35	30	35	30	34
	150	45	40	40	40	40	45	45	45	40	40	42
2	50	25	25	30	30	25	25	25	30	30	25	27
	100	35	30	35	30	35	35	35	35	35	35	34
	150	40	45	50	50	50	50	50	45	45	45	47
3	50	30	30	35	30	30	25	30	30	30	35	31.5
	100	35	30	30	30	35	35	35	35	30	30	32.5
	150	45	45	50	50	50	50	50	50	45	50	48.5
4	50	35	35	30	30	30	30	35	30	30	30	31.5
	100	35	40	40	40	35	35	35	35	35	35	36.5
	150	40	40	40	45	45	45	40	40	40	45	42
5	50	30	30	30	25	25	25	25	25	30	30	27.5
	100	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	150	50	45	45	50	45	45	45	50	50	50	47.5
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 55

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: 1 Jahr alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	30	30	25	30	30	30	30	30	25	30	29
	100	45	40	40	40	40	45	45	45	40	40	42
	150	55	55	50	50	55	55	50	55	50	50	52,5
2	50	25	25	30	30	25	25	30	30	30	25	27,5
	100	40	40	40	45	40	40	35	40	45	40	40,5
	150	45	45	45	45	40	40	45	45	45	45	44
3	50	25	25	30	30	30	30	30	30	25	30	28,5
	100	35	35	35	40	40	35	35	35	35	35	36
	150	45	45	45	45	50	50	45	45	45	50	46,5
4	50	30	30	35	35	35	35	35	35	35	30	33,5
	100	40	45	40	40	40	45	45	45	45	40	42,5
	150	55	55	55	55	50	50	50	55	55	50	53
5	50	35	35	30	30	30	30	35	35	30	35	32,5
	100	45	45	45	45	40	45	45	50	50	45	45,5
	150	60	55	55	55	60	60	60	60	60	60	58,5
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

Tabelle 56

Instrument: Klinikhandstück 10B Art: 3 Jahre alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	40	35	35	40	40	40	35	35	35	40	32,5
	100	50	55	55	50	50	50	55	55	50	50	52
	150	60	60	60	60	65	65	60	60	65	65	62
2	50	35	30	30	30	35	35	35	30	30	30	32
	100	45	40	40	45	45	45	40	40	45	45	43
	150	55	55	50	50	50	50	55	50	55	55	52
3	50	35	30	30	25	35	30	30	30	35	35	31
	100	40	40	40	45	40	45	40	45	45	40	42
	150	55	55	55	50	50	55	55	55	50	50	53
4	50	25	25	30	25	30	25	30	25	25	25	26,5
	100	35	35	35	30	35	30	30	35	30	35	33
	150	45	50	45	45	45	45	40	40	45	45	44,5
5	50	40	35	35	40	40	40	35	35	40	40	38
	100	45	50	50	55	45	50	50	50	45	50	49
	150	60	60	60	65	65	60	60	65	65	65	62,5
6	50	25	25	30	30	25	25	25	25	30	30	27
	100	30	35	35	35	35	30	30	35	35	35	30
	150	45	45	50	50	50	50	50	50	45	45	48
7	50	25	25	25	30	30	35	25	25	30	30	28
	100	35	40	40	40	45	35	35	40	40	40	39
	150	45	50	50	50	50	50	45	45	45	50	48
8	50	40	35	35	35	30	30	30	35	35	40	34,5
	100	45	45	45	45	40	40	45	50	45	45	44,5
	150	65	65	60	60	60	55	60	65	60	60	61
9	50	35	30	30	30	25	30	30	35	35	35	31,5
	100	45	45	40	40	45	45	45	45	45	40	43,5
	150	60	55	55	55	50	60	60	55	55	55	56
10	50	35	25	30	30	30	30	30	30	35	30	30,5
	100	45	40	40	40	45	45	45	40	45	40	42,5
	150	55	60	60	55	50	50	60	60	60	55	56,5

Tabelle 57

Instrument: KaVo Turbine All-air Art: 3 Jahre alt

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	30	30	30	30	35	35	30	35	35	30	32
	100											
	150											
2	50	30	30	25	25	25	25	30	30	30	30	28
	100											
	150											
3	50	35	35	35	35	35	30	30	35	35	30	33,5
	100											
	150											
4	50	30	30	30	30	25	30	30	30	30	25	29
	100											
	150											
5	50	35	35	30	35	35	35	35	35	30	35	34
	100											
	150											
6	50	30	30	35	30	30	30	30	30	35	35	31,5
	100											
	150											
7	50	30	30	30	30	35	35	30	30	30	30	31
	100											
	150											
8	50	30	30	30	30	30	25	25	30	30	30	29
	100											
	150											
9	50	25	25	25	25	25	25	30	30	30	25	26,5
	100											
	150											
10	50	35	35	35	30	30	35	35	35	35	30	33,5
	100											
	150											

Tabelle 58

Instrument: Siemens SIRONA Turbine 4000 S Art: fabrikneu

Lfd. Nr.	Vorschub (p)	Schwingweg (µm) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
1	50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	100											
	150											
2	50											
	100											
	150											
3	50											
	100											
	150											
4	50											
	100											
	150											
5	50											
	100											
	150											
6	50											
	100											
	150											
7	50											
	100											
	150											
8	50											
	100											
	150											
9	50											
	100											
	150											
10	50											
	100											
	150											

9. LEBENSLAUF

Am 27. Mai 1945 wurde ich als zweiter Sohn des Bauingenieurs Harry Priefer und seiner Ehefrau Ellen, geb. Schucht in Blankenberg/Neuruppin geboren.

Von 1951 bis 1958 besuchte ich die 15. Grundschule in Berlin-Kreuzberg, danach bis 1961 die Oberschule Praktischen Zweiges.
Den Beruf des Orthopädie-Mechanikers erlernte ich von 1961 bis 1964 und übte diese Tätigkeit bis 1971 aus.
1969 heiratete ich die Erzieherin Annelies Kretzschmar.
1972 erwarb ich den Realschulabschluß.
Von 1973 bis 1975 besuchte ich das Berlin-Kolleg und erhielt hier die Hochschulreife.

Im Sommersemester 1976 nahm ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Zahnmedizin auf. Das zahnärztliche Staatsexamen legte ich am 17. August 1981 ab.
Die Bestallung als Zahnarzt erfolgte am 31. August 1981.

Am 11. September 1982 wurde meine Tochter Veronica geboren.

Seit November 1981 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Zahnerhaltung und Paro-

dontologie der Zahnklinik Süd
(Leiter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Harndt) des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin tätig.

gez. Priefer

D A N K S A G U N G

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. R. Harndt danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die großzügige Unterstützung.

Herrn O.A. Dr. med. dent. W. Höfig danke ich für seine wertvollen Ratschläge während der Arbeit.

Besonderen Dank gebührt Herrn O.A. Dr. med. dent. F. Sachs. Seine vielen Anregungen haben die Fertigstellung dieser Arbeit wesentlich erleichtert.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen